CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION
КОСТЕ РАЦИНА 16б, 11000 БЕОГРАД
САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП д.о.о.
11000 БЕОГРАД, НЕМАЊИНА 6/IV
тел: 011/3618-134, факс: 011/3618-324,
web site: www.sicip.co.rs

2/1.1.1.1 НАСЛОВНА СТРАНА

2/1. ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА

Инвеститор:	„Инфраструктура Железнице Србије“ а.д. Немањина 6/4, Београд
Наручилац:	Конзорцијум фирми: China Railway International Corporation Ltd. China Communication Construction Company Ltd. (CCCC)
Објекат:	Пруга Београд - Суботица државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА),** у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци
Врста техничке документације:	**ПГД-** Пројекат за грађевинску дозволу
Назив и ознака дела пројекта:	**ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА -** **2/1.1.1 Пројекат подвожњака Кисачка улица на км 76+601.02**
За грађење / извођење радова:	Нова градња
Пројектант:	China Railway Design Corporation Serbia Ogranak Beograd Косте Рацина 16б 11000 Београд, Србија
Одговорно лице пројектанта:	Генерални директор: 耿欣 (Генг Ксин)
Потпис:	XIN GENG Digitally signed by XIN GENG Date: 2021.08.03 09:38:00 +02'00'
Одговорни пројектант:	Зоран Луковић, дипл. грађ. инж. Лиценца број: 310 3032 03
Потпис:	ЗОРАН ЛУКОВИЋ 011041396 Sign Digitally signed by ЗОРАН ЛУКОВИЋ 011041396 Sign Date: 2021.07.30 11:54:52 +02'00'
Број дела пројекта:	2020-001-ГС-2/1.1.2
Место и датум:	Београд, април 2021.год.

CeS.TRA

ТЕХНИЧКА КОНТРОЛА ПРОЈЕКТА ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ

2/1.1.1 ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА КИСАЧКА УЛИЦА km 76+601.02 ДК

Објекта: Пруга Београд - Суботица - државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)**, у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци, на основу Закона о планирању и изградњи („Службени гласник РС” бр. 72/09, 81/09 – исправка, 64/10 – одлука УС, 24/11, 121/12, 42/13 – одлука УС, 50/13 – одлука УС, 98/13 – одлука УС, 132/14, 145/14, 83/18, 31/19, 37/19 - др. Закон, 9/20 и 52/21) и одредби Правилника о садржини, начину и поступку израде и начину вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката (“Службени гласник РС”, бр. 73/2019), извршена је техничка контрола предметне документације, од стране предузећа CESTRA d.o.o. Београд.

ПРОЈЕКАТ СЕ ПРИХВАТА

Вршилац техничке контроле: CESTRA d.o.o,
Макензијева 57, Београд

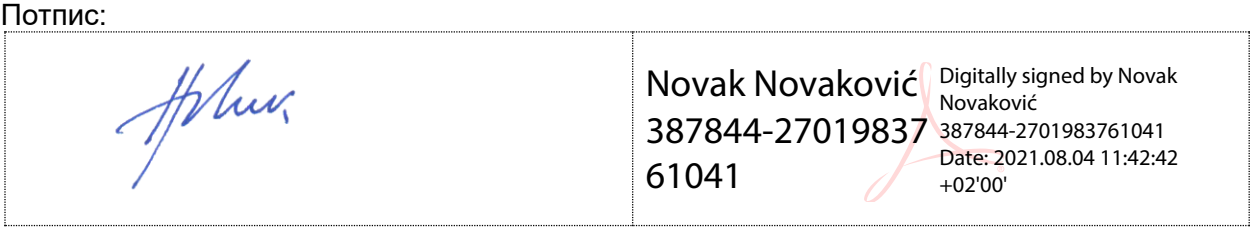
Број лиценце: 351-02-03374/2020-09 од 18.03.2021.

Одговорно лице/Заступник: Директор:
Драган Милић, дипл.грађ.инж.

Потпис:

Вршилац техничке контроле: Драган Милић, дипл.грађ.инж.
Број лиценце: 312 E503 07
Потпис:

Вршилац техничке контроле: Новак Новаковић, дипл.грађ.инж.
Број лиценце: 310 К201 11
Потпис:



Број техничке документације: А10312-61/21

Место и датум: Београд, 2021.

2/1.1.1.2 САДРЖАЈ

2/1.1.1.1	Насловна страна	
2/1.1.1.2	Садржај	
2/1.1.1.3	Решење о одређивању одговорног пројектанта	
2/1.1.1.4	Изјава одговорног пројектанта	
2/1.1.1.5	Текстуална документација	
2/1.1.1.5.1	Технички опис	
2/1.1.1.6	Нумеричка документација	
2/1.1.1.6.1	Статички прорачун	
2/1.1.1.6.1	Прорачун интеракције колосек - мост	
2/1.1.1.6.3	Предмер и предрачун радова	
2/1.1.1.7	Графичка документација	
Цртежи	Назив цртежа	Размера
2020-001-ГС-2/1.1.1.7.Ц01.	Ситуациони план	1:200
2020-001-ГС-2/1.1.1.7.Ц02.	Подужни пресек и изглед моста	1:100
2020-001-ГС-2/1.1.1.7.Ц03.	Основа конструкције	1:100
2020-001-ГС-2/1.1.1.7.Ц04.	Основа коловозне конструкције	1:100
2020-001-ГС-2/1.1.1.7.Ц05.	Основа темеља	1:100
2020-001-ГС-2/1.1.1.7.Ц06.	Попречни пресеци	1:50

2/1.1.1.3 РЕШЕЊЕ О ОДРЕЂИВАЊУ ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу Члана 128, Закона о планирању и изградњи ("Службени гласник РС", бр. 72/09, 81/09-исправка, 64/10- одлука УС, 24/11, 121/12, 42/13-одлука УС, 50/13-одлука УС, 98/13-одлука УС, 132/14, 145/14, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - др.закон и 9/2020) и одредби Правилника о садржини, начину и поступку израде и начину вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката ("Службени гласник РС", бр. 73/2019) као:

О Д Г О В О Р Н И П Р О Ј Е К Т А Н Т

за израду **ПРОЈЕКТА КОНСТРУКЦИЈА - 2/1.1.2 Пројекат подвожњака Кисачка улица на км 76+601.02**, који је део ПГД - Пројекта за грађевинску дозволу за изградњу пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)**, у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци, одређује се:

Зоран Луковић, дипл. грађ. инж. _____310 3032 03

Пројектант:	CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION SERBIA OGRANAK BEOGRAD, Косте Рацина 16б
Одговорно лице/заступник:	Генерални директор: Генг Ксин, дипл. инж.
	Потпис:
Број техничке документације:	2020-001-ГС-2/1.1.1
Место и датум:	Београд, април 2021.год.

2/1.1.1.4 ИЗЈАВА ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

Одговорни пројектант пројекта **ПРОЈЕКТА КОНСТРУКЦИЈА - 2/1.1.1 Пројекат подвожњака Кисачка улица на км 76+601.02,** који је део ПГД - Пројекта за грађевинску дозволу за изградњу пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)**, у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци:

Зоран Луковић, дипл. грађ. инж.

И З Ј А В Љ У Ј Е М

1. да је пројекат у свему у складу са издатим Локацијским условима:

-бр.ROP-MSGI-28188-LOCH-4/2020, Заводни број: 350-02-00031/2020-14 од 06.04.2020,

-бр.ROP-MSGI-28188-LOCH-4/2020, Заводни број: 350-02-00031/2020-14 од 07.04.2020 - Решење о исправци грешке,

-бр.ROP-MSGI-7141-LOC-1/2020, Заводни број: 350-02-00109/2020-14 од 08.05.2020,

-бр.ROP-MSGI-931-LOC-3/2020, Заводни број: 350-02-00192/2020-14 од 29.05.2020;

2. да је пројекат израђен у складу са Законом о планирању и изградњи, прописима, стандардима и нормативима из области изградње објеката и правилима струке;

3. да је пројекат у свему у складу са начинима за обезбеђење испуњења основних захтева за објекат прописаних елаборатима и студијама.

Одговорни пројектант:	Зоран Луковић, дипл. грађ. инж.
Број лиценце:	310 3032 03
	Потпис:
Број техничке документације:	2020-001-ГС-2/1.1.2
Место и датум:	Београд, април 2021.год.

2/1.1.2.5 ТЕКСТУАЛНА ДОКУМЕНТАЦИЈА

2/1.1.2.5.1 ТЕХНИЧКИ ОПИС

ТЕХНИЧКИ ИЗВЕШТАЈ

1. Увод

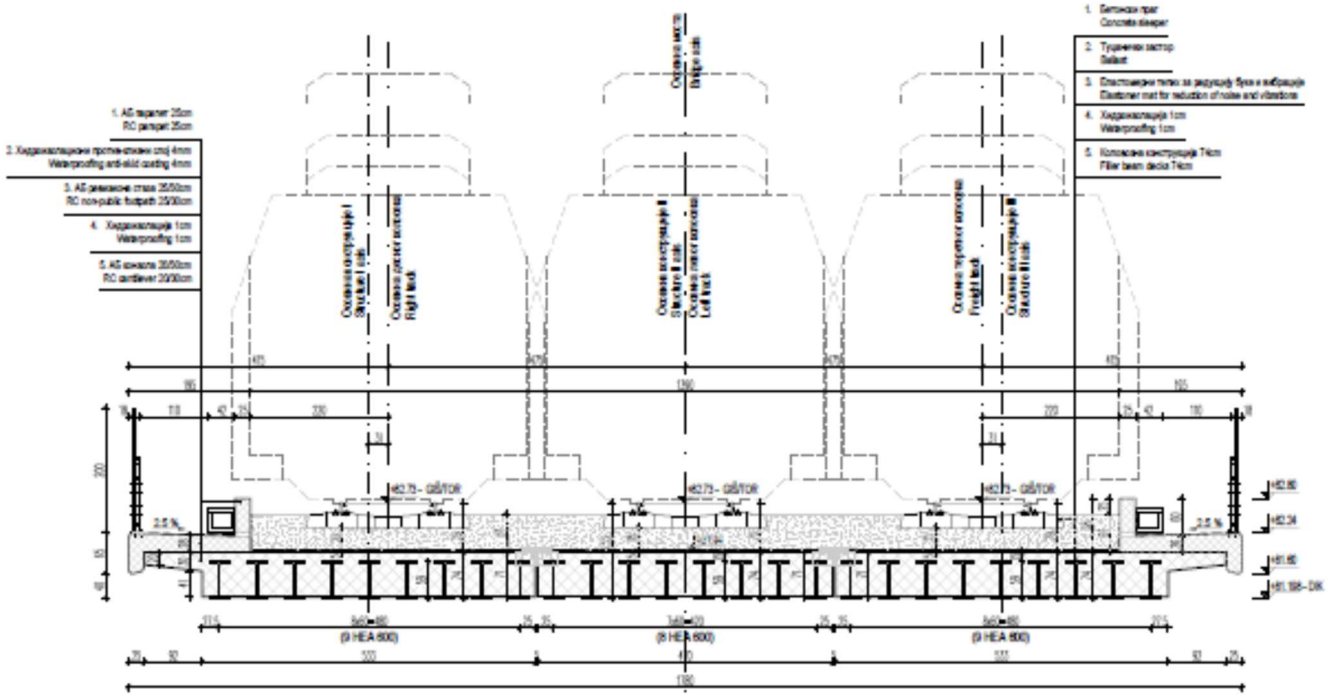
Пројектом за грађевинску дозволу за изградњу пруге Београд – Суботица државна граница (Келебија), деоница пруге Нови Сад – Суботица – државна граница (Келебија), за брзину до 200 km/h, на стационажи km 76+601.02, левог колосека, пројектован је нови подвожњак који премошћује Кисачку улицу у Новом Саду.

Пројекат конструкције подвожњака урађен је на основу усвојеног Идејног пројекта, усвојених техничких параметара и саобраћајног решења трасе, постојећег стања пруге, геодетског елабората, хидротехничких подлога, елабората о геотехничким условима услова надлежних институција и Пројектног задатка.

2. Диспозиција

Новопројектовани троколосечни подвожњак у близини железничке станице у Новом Саду, је континуална конструкција са убетонираним челичним носачима, распона 11.6+17.4+11.6m, фундирана на шиповима. За сваки од колосека изведена је независна коловозна конструкција, које се ослањају на заједничке средње стубове док су опорци дилатирани. Укрштање осовина улице и осовина колосека је под углом од 60°, те су средњи стубови пројектовани тако да прате осовину улице. Коловозном конструкција са убетонираним челичним носачима статичке висине h=72-74cm, обезбеђен је слободан саобраћајни профил од 4.5 m.

Нивелета пруге на мосту је хоризонтална, а осовине колосека су у правцу на међусобном растојању од 4.75m. Осовина теретног колосека је у прелазној кривини на растојањау од 4.75-4.88 m од десног колосека. Коловоз се изводи у туцаничком застору минималне дебљине 35cm, постављеном у армиранобетонском кориту. Пројектована брзина у зони подвожњака је 100km/h.



Попречни пресек моста

Елементи саобраћајног профила

Дуж обе конзоле коловозне плоче иводе се ревизионе стазе ширине 195 cm. Ивични парапети ревизионе стазе формирају корито за смештање туцаничког застора. У оквиру ревизиоих стаза поред ивичног парапета постављају се каналице за смештај инсталација и ивични венци за ношење челичне ограде. Ширина слободног профила за пролаз особља износи 110cm. Укупна ширина собраћајног профила на мосту, са ревизионим стазама и ивичним венцем износи 17.80m.

Одводњавање коловозне површине решено је подужним падом конструкције. У склопу насипа иза обалних стубова постављају се хоризонталне дренажне цеви којима се вода води до одводних канала.

Стубови портала контактне мреже анкерисани су у ревизиону стазу.

Преко коловозне плоче изводи се прскана хидроизолација типа ММА, преко које се у ширини застора, поставља еластомерни тепих за редукцију буке и вибрација. Застор на ревизионим стазама изводи се у виду хабајућег водонепропусног пртив-клизног слоја дебљине 4mm.

3. Конструкција

Ваљани профили HEA 600 постављени су на размаку од 60 cm, а висина бетона изнад носача износи 12-15 cm. На заједничке средње стубове конструкције су ослоњене преко подужно непокретних лежишта, док су на опорце ослоњене преко подужно покрентин лежишта.

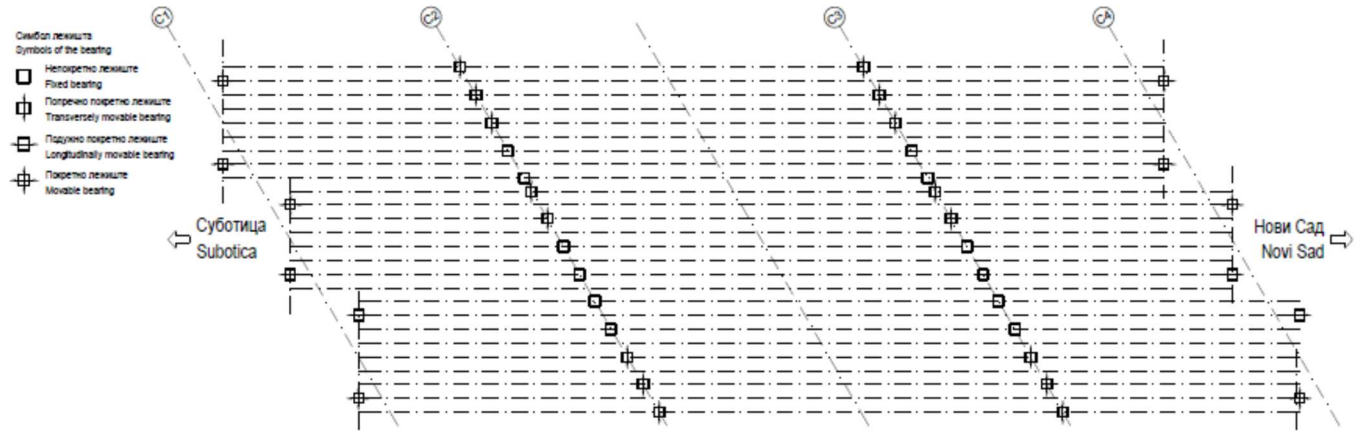
Дуж обе конзоле коловозне плоче као и дуж крилних зидова, бетонирају се ревизионе стазе дебљине 25-30cm, у склопу којих се изводе и ивични венци за ношење челичне ограде као и ивични парапети туцаничког корита.

Обални стубови моста изводе се независно за сваку једноколосечну конструкцију, у виду армиранобетонског платна дебљине 1.50 m, са осовимом управном на осовину конструкције. Ослоњени су на два реда шипова Ø900 преко наглавне греде дебљине 1.50 m, која се изводи на слоју тампона дебљине 20cm.

Средњи стубови, заједнички за све три једноколосечне конструкције, су армиранобетонска платна дебљине 1.00 m, постављени под углом од 60° у односу на осовину конструкције. Ослоњени су на два реда шипова Ø900 преко наглавне греде дебљине 1.50 m, која се изводи на слоју тампона дебљине 20cm.

Лежишта

Усвојен је распоред лежишта према скици:



Лежишта морају у свему задовољити одредбе стандарда СРПС ЕН 1337 и DIN 4141.

Дилатационе спојнице

На опорцима изводе се водонепропусне еластомерне дилатационе спојнице капацитета ±40mm

Дуж подужних спојева конструкција изводе се водонепропусне еластомерне дилатационе спојнице које имају капацитет вертикалног померања од 30mm и попречног од 5mm.

Потребна дужина преклопа над стубом са подужно покретним лежиштима задовољава услове поглавља 6.6.4 стандарда СРПС ЕН 1998-2.

4. Фундирање

На основу података и препорука из "Геотехничког елабората" фундирање мостовске конструкције предвиђено је на шиповима.

Како се конструкција новог подвожњака изводи на месту постојећег, предвиђени су шипови Ø900 којима је могуће мимоићи постојећи шипови Ø400. На основу геолошког профила терена и граничне носивости шипова за свако стубно место усвојене су дужине шипова од L=18m.

Основне комб. Fundamental com.	Сеизмичке комб. Seismic com.	Гранична носивост шипова ø900 L=18m Bearing capacity of piles ø900 L=18m	Слегања Settlement
$maxR_{Ed}$ [kN]	$maxR_{Ed}$ [kN]	Rc [kN]	s [mm]
2205	***2366***	8605	13.2
3421	2843	8297	25.6
3421	2843	8383	22.1
2205	***2366***	8870	12.4

5. Примењени материјали

Челична конструкција S355J2+M
Structural steel

Бетонски елементи конструкције Concrete structural elements	Бетон Concrete	Арматура Reinforcement	Заштитни слој Protection layer
Попречни носачи Cross girders	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Коловозна плоча Deck	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Квадери Bearing pedestals	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	5.0 cm
Средњи стубови Middle piers	C30/37, XC4, XD3, XA1, XF2, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Обални стубови и крила Abutments and wing walls	C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Ревизиона стаза Non-public footpath	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	4.0 cm
Наглавне греде Pile cap beams	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Шипови Piles	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Неармирани бетон Plain concrete	C12/15 or C16/20, X0		

Иза обалних стубова моста, формирају се шљунчани клинови комбинацијом цементне стабилизације и гранулисаног шљунка који се изводи у слојевима дебљине 30cm, са набијањем до прописаног модула стишљивости. За формирање шљунчаних клинова испред и иза моста коришћене су препоруке у складу са немачким смерницама ZTVE-StB и UIC719.

6. Статички прорачун

Статички прорачун спроведен је коришћењем програмског пакета "Tower–3Д Model Builder 7.0" фирме "РАДИМПЕХ" из Београда. Конструкција је анализирана у тродимензионални моделу.

Шипови су у нивоу базе зглобно ослоњени са спреченим вертикалним померањем, док су у хоризонталној равни придржани еластичним ослонцима са крутостима срачунатим према подацима из Геомеханичког елабората. Реактивни отпор тла моделиран је према подацима из Геотехничког елабората.

Анализа оптерећења урађена је према важећим српским стандардима – СРПС ЕН 1991 – 1 (2) и њиховим националним прилозима.

Разматрана су следећа оптерећења:

– Сопствена тежина конструкције, запреминска тежина материјала у складу са СРПС ЕН 1991-1-1;

– Додатно стално оптерећење, тежине елемената колосека као и запреминска тежина материјала усвојене су у складу са СРПС ЕН 1991-1-1, Табеле А.1 и А.6;

– Хоризонтални притисци тла одређени су у складу са одредбама стандарда СРПС ЕН 1997-1;

– Скупљање бетона, анализирано као равномерна температурна промена одређена из услова једнакости дилатације скупљања и температурне дилатације;

- Железничко саобраћајно оптерећења у свему према стандарду СРПС ЕН 1991-2, поглавље 6.

  Усвојена је карактеристична вредност коефицијента α=1.21 (СРПС ЕН 1991-2/НА, Тачка 2.51);

  - Вертикално саобраћајно оптерећење

  Шеме оптерећења LM71 и SW/0, за анализу статички утицаји услед железничког саобраћаја на пругама нормалног колосека (СРПС ЕН 1991-2, 6.3.2). Динамички коефицијент Ф3 за шеме оптерећења LM71 и SW/0 према СРПС ЕН 1991-2, 6.4.5.2:
  Шема оптерећења "празни вагони", за контролу стабилности у случају када се на конструкцији налази воз са неоптерећеним вагонима, према поглављу 6.3.4 стандарда СРПС ЕН 1991-2, усвојена је као вертикално расподељено оптерећење qkv=10.0kN/m
  Ексцентрицитет вертикалног саобраћајног оптерећења

  За мостове у правцу према поглављу 6.3.5 стандарда СРПС ЕН 1991-2.

  $e = 150/18 = 8.33\text{cm}$ усвојено $e = 8\text{cm}$

  Еквивалентно саобраћајно оптерећење за прорачун притисака земље на обалне стубове према поглављу 6.3.6.4 стандарда СРПС ЕН 1991-2.

  Корисно оптерећења на ревизионим стазама усвојено је сходно поглављу 6.3.7 стандарда СРПС ЕН 1991-2, као ревномерно распоређено површинско оптерећење од qfk=5kN/m2 по целој ширини стазе.

  - Хоризонтално саобраћајно оптерећење

  Центрифугална сила (СРПС ЕН 1991-2, 6.5.1)

  Сила бочног удара (СРПС ЕН 1991-2, 6.5.2)

  Силе од кочења и покретања (СРПС ЕН 1991-2, 6.5.3)

- Оптерећења услед дејства температуре (СРПС ЕН 1991-1-5 и СРПС ЕН 1991-1-5/НА);

- Оптерећење ветром (СРПС ЕН 1991-1-4 и СРПС ЕН 1991-1-4/НА);

- Сеизмичко оптерећење (СРПС ЕН 1998-1, СРПС ЕН 1998-2 и СРПС ЕН 1998-5)

  Пројектно сеизмичко оптерећење мостова одредиће се еквивалентном линеарном методом за пројектни еластични спектар одговора према поглављу 3.2.2.5 стандарда СРПС ЕН 1998-1, за коефицијент значаја γ_I=1.3 и класу значаја III, а за повратни период T_{NCR}=475 година. Гранични коефицијент β=0.2 (СРПС ЕН 1998-1/НА, Тачка 2.11).

  За фактор понашања усвојено је q=1.0.

  За локацију моста примењује се тип 1 еластичног спектра одговора (СРПС ЕН 1998-1/НА, Тачка 2.9), за тло типа “C”.

  Еквивалентна статичка сеизмичка сила одређена је применом методе основног мода, уз комбиновање компоненти сеизмичког дејства за два разматрана правца (СРПА ЕН 1998-2, 4.2.2.1 и 4.2.1.4).

  Пројектно убрзање тла на тлу типа A ag=0.1·g (СРПС ЕН 1998-1/НА, Табела А.1).

  Сеизмички притисак тла одређен је применом поједностављене анализе (СРПС ЕН 1998-5, Прилог Е).

- Удар друмских возила на елементе моста, према СРПС ЕН 1991-1-7;

- Утицај изклизнућа железничких возила (СРПС ЕН 1991-2, 6.7);

Комбинације оптерећења за контролу граничног стања носивости и употребљивости формиране су у свему према СРПС ЕН 1990 и СРПС ЕН 1990/НА.

За усвојено конструктивно решење мостовске конструкције извршена је контрола критеријума употребљивости у складу са одредбама поглавља А2.4.4 стандарда СРПС ЕН 1990 и СРПС ЕН 1990 /НА.

Преглед основних критеријума код граничних стања употребљивости

Критеријум	***Захтевано***	***Остварено***	***Норма***
Вертикалне деформације плоче	$\delta_v < L/0.9\cdot 700$	$\delta_v = L/1088$	СРПС ЕН 1990 А2.4.4.3
Ротације крајева плоче	$\theta_1 < 3.5\cdot 10^{-3} rad$ $\theta_2 < 5\cdot 10^{-3} rad$	$\theta_1 = 1.5\cdot 10^{-3} rad$ $\theta_2 = 3.5\cdot 10^{-3} rad$	СРПС ЕН 1990 А2.4.4.2.3
Увртање плоче	$t < 4.5mm$	$t = 2.5mm$	СРПС ЕН 1990 А2.4.4.2.2
Попречне фреквенције	$f_1 > 1.20Hz$	$f_1 = 2.58Hz$	СРПС ЕН 1990/НА 2.2.31
Хоризонтално померање плоче услед кочења и покретања	$\delta_b < 5mm$	$\delta_b = 4.04mm$	СРПС ЕН 1991-2 6.5.4.5.2
Подужно померање краја плоче услед вертикалног оптерећења	$b_v < 8mm$	$b_v = 1mm$	СРПС ЕН 1991-2 6.5.4.5.2
Вертикално померање краја плоче у односу на стуб, услед вертикалног оптерећења	$\delta_v < 3mm$	$\delta_v = 0.5mm$	СРПС ЕН 1991-2 6.5.4.5.2

За све елементе конструкције димензионисање је спроведено како за гранична стања носивости тако и за гранична стања употребљивости.

7. Извођење радова

Конструкција се изводи монтажом и ливењем на лицу места.

Изградња моста обухвата следеће радове:

- припремни радови,
- рушење постојећег подвожњака према пројекту рушења свеска 10/1
- геодетско обележавање терена,
- заштита ископа и постојећег насипа,
- ископ тла за наглавнице шипова,
- побијање шипова за крајње стубове моста,

Напомена за Извођача радова на бушењу шипова:

На основу Услова издатих од стране ЈКП „Водовод и канализација“ Нови Сад обавештени смо да се на локацији подвожњака налази армиранобетонски канализациони колектор општег типа димензија 2.5*1.2м, потковичастог попречног пресека. Тачан положај колектора, као ни његову дубину није било могуће утврдити у фази изаде пројектне документације. Траса колектора је утврђена оријентационо. Приликом одређивања положаја нових шипова , вођено је рачуна о овом пропусту на тај начин што су нови шипови и наглавне греде остали у габаритима постојећих.

Нарочити обратити пажњу приликом израде шипова и стубова на постојећи колектор, како се не би угрозила његова стабилност и функционалност.

- изградњу наглавних греда са црпљењем воде током ископа и бетонирања наглавница,
- изградњу стубова према детаљима из пројекта,
- постављање ваљаних челичних носача HEA 600,
- постављање арматуре и бетонирање коловозне плоче,
- израду хидроизолације бетонских површина које су у контакту са земљом,
- затрпавање темеља стубова делом материјала из ископа,
- израда шљунчаног клина између крилних зидова,
- израду хидроизолације коловозне плоче,
- израду дилатационих спојница,
- израду елемената саобраћајног профила,
- извођење хидроизолације на ревизионим стазама,
- постављање стубова контактне мреже,
- уградњу инсталација,
- израду, монтажу и акз ограде ревизионе стазе за заштитном мрежом,
- постављање сигнализације,
- пробно оптерећење моста.

Одговорни пројектант:

Зоран Луковић, дипл.грађ.инж.
лиценца бр. 310 3032 03

TECHNICAL REPORT

1. Introduction

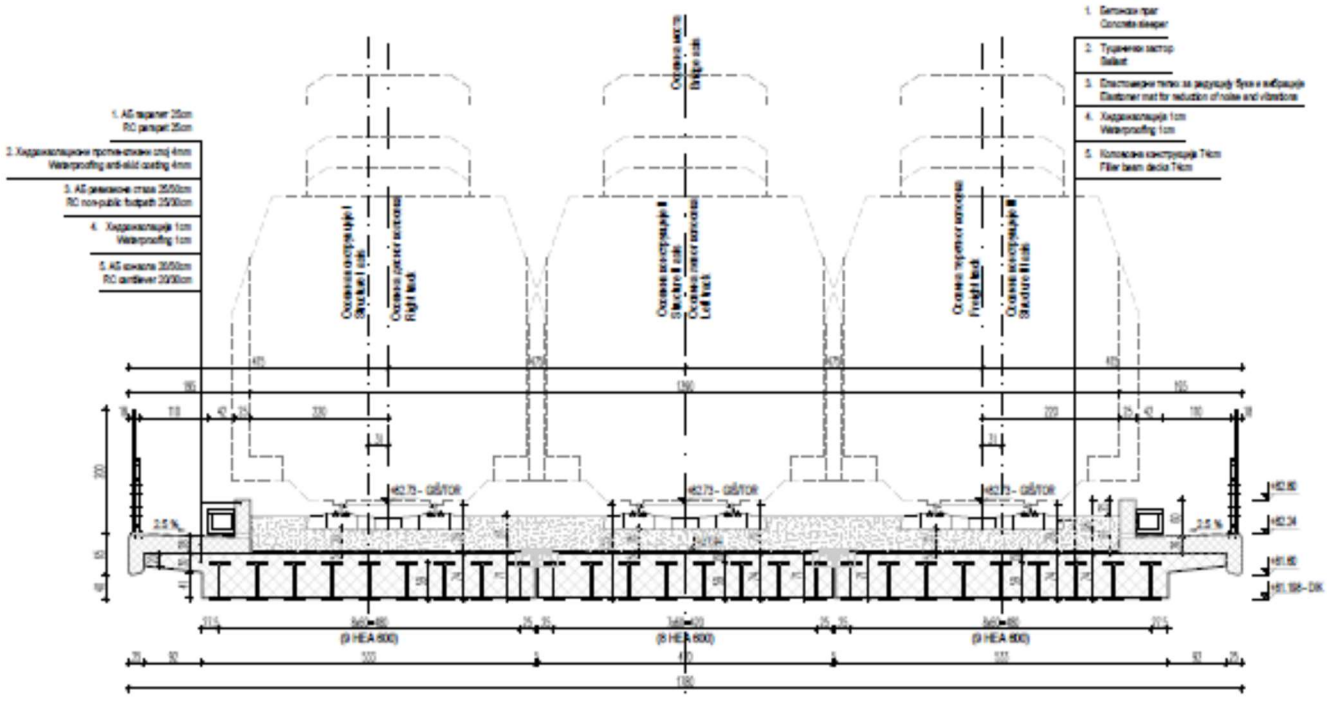
As a part of Construction Permit Design for the reconstruction and modernization of the railway line Belgrade-Subotica state border (Kelebija), part Novi Sad - Subotica state border (Kelebija) for the design speed up to 200 km/h, at the chainage km 76+601.02, new underpass that crosses Kisacka Street in Novi Sad has bean designed.

Design of the bridge structure was developed based on the approved Preliminary Design, adopted technical parameters, traffic solution, the existing condition of the railway, geodetic survey, hydrotechnical design and geotechnical report.

2. Layout

The three-track underpass near the railway station in Novi Sad, has been designed as an continuous beam with filler beam deck, spans 11.6 + 17.4 + 11.6 m. For each of the tracks, an independent deck was designed, supported on mid piers while the abutments are separate for each deck. The axis of the street intersect with the axis of the structure at an angle of 60 °, and the mid piers are designed as to follow the street axis. The filler beam deck with height of h = 72-74 cm, provides a free traffic profile of 4.5m.

Track alignment above the underpass is horizontal, and the tracks are straight, with axis distance of 4.75m. The axis of the freight track is in the transition curve at a distance of 4.75-4.88 m from the right track. The railway has ballasted track with a minimum thickness of 35 cm, placed in reinforced concrete bed. The designed speed in the underpass zone is 100km/h.



Bridge cross section

Revision footpaths 195 cm wide, are placed along both deck cantilevers. The revision footpaths edge parapets form a ballast bed. Within the revision footpaths, are placed installation channels and edge beams for carrying a steel fence with a protective net made of steel profiles and griffin mesh. The clearance for the staff passage is 100 cm. The total width of the traffic profile on the bridge is 17.80 m.

Drainage of the deck surface was solved by a longitudinal slope. The horizontal drainage pipes are placed at bottom of backfill behind the abutments.

The piers of the OCS portal are anchored in the revision footpaths .

Sprayed MMA waterproofing is performed over the deck slab, over which an elastomeric mat for noise and vibration reduction is placed as protection. Top coating of the revision footpaths is made of the anti-skid waterproofing layer 4 mm thick.

3. Structure

Rolled steal sections HEA 600 are placed at spacing of 600 mm, and a concrete cover above the steel beams is 12-15 cm. Deck is supported on longitudinali fixed bearings at midd piers, and at abutments is supported on the longitudinali movable bearing.

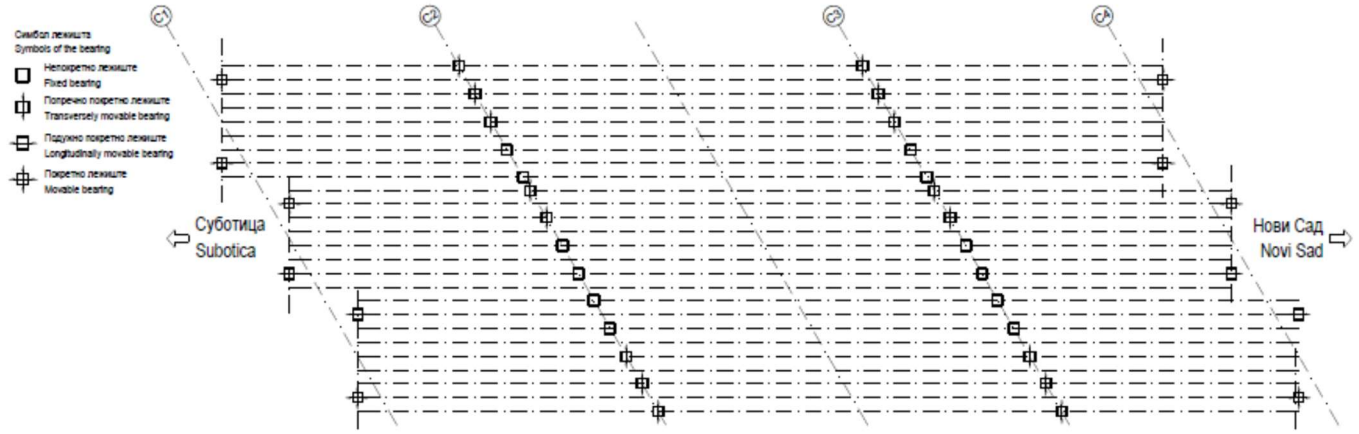
Along both cantilevers 25-30 cm thick revision footpaths are casted, along with edge beams and the edge parapets for ballast bed.

The bridge abutments are designed independently for each single-track structureare as reinforced concrete walls 1,50 m thick, with axis perpendicular to the axis of the structure. They are supported on two rows of Ø900 piles over a 1.50m thick pile caps.

The piers are reinforced concrete walls 1.00 m thick, screwed at an angle of 60 ° to the axis of the structure. They are supported on two rows of Ø900 piles over a 1.50 m thick pile cap beams.

Bearings

The arrangement of the bearings as shown:



Bearings should be fully in compliance with standard EN SRPS 1337 and DIN 4141.

Expansion joints

At abutments are foresen waterproof elastomeric expansion joints with displacement capacity in longitudinal direction of the bridge of ± 40 mm.

Longitudinala waterproof elastomeric expansion joints with displacement capacity of minimum 30 mm in vertical direction and 5 mm in lateral direction.

The overlap length on the abutment with longitudinally movable bearings satisfies the requirements of chapter 6.6.4 of the standard SRPS EN 1998-2.

4. Foundations

Based on the data and recommendations from the "Geotechnical report", pile foundations of the bridge structure are foreseen.

Piles Ø900 are foresen in order to avoid the existing Ø400 piles. Based on the geological profile of the terrain and the bearing capacity of the piles, adopted pile lengths is L = 18 m.

Основне комб. Fundamental com.	Сеизмичке комб. Seismic com.	Гранична носивост шипова ø900 L=18m Bearing capacity of piles ø900 L=18m	Слегања Settlement
$maxR_{Ed}$ [kN]	$maxR_{Ed}$ [kN]	Rc [kN]	s [mm]
2205	***2366***	8605	13.2
3421	2843	8297	25.6
3421	2843	8383	22.1
2205	***2366***	8870	12.4

5. Materials

Челична конструкција S355J2+M
Structural steel

Бетонски елементи конструкције Concrete structural elements	Бетон Concrete	Арматура Reinforcement	Заштитни слој Protection layer
Попречни носачи Cross girders	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Коловозна плоча Deck	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Квадери Bearing pedestals	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	5.0 cm
Средњи стубови Middle piers	C30/37, XC4, XD3, XA1, XF2, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Обални стубови и крила Abutments and wing walls	C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Ревизиона стаза Non-public footpath	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	4.0 cm
Наглавне греде Pile cap beams	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Шипови Piles	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Неармирани бетон Plain concrete	C12/15 or C16/20, X0		

Behind abutments, gravel wedges are formed as a combination of cement stabilization on top of granulated gravel made in 30cm thick layers, with compaction to the designed modulus of stiffness. For the formation of gravel wedges in front of and behind the bridge, recommendations from the German guidelines ZTVE-StB and UIC719 were used.

6. Structural calculation

The structural calculation has been performed using the software package "Tower-3D Model Builder 7.0" developed by "RADIMPEX", Belgrade. The structure was analyzed in a three-dimensional FE model.

The piles are pinned at the base level with prevented vertical displacement, with elastic springs in the horizontal planes with stiffness calculated according to the data from the Geotechnical study. Reactive soil resistance was modeled according to the soil parameters from the Geotechnical Study.

Load analysis was performed according to valid Serbian standards - SRPS EN 1991 – 1 (2) and their national annexes.

The preliminary design considered the following loads:

- Self-weight of the structure, density of the material in accordance with SRPS EN 1991-1-1;

- Dead load, weights of track elements as well as density of materials were adopted in accordance with SRPS EN 1991-1-1, Tables A.1 and A.6;

- Horizontal soil pressures are determined in accordance with the provisions of the standard SRPS EN 1997-1;

- Shrinkage of concrete, analyzed as a uniform temperature change determined from the conditions of equality of shrinkage and temperature dilatation;

- Railway traffic loads in accordance with the standard SRPS EN 1991-2, Chapter 6.

The characteristic value of the coefficient α=1.21 was adopted (SRPS EN 1991-2 / NA, Item 2.51);

- Vertical traffic load

Load schemes LM71 were used for analysis of railway traffic actions on normal track lines (SRPS EN 1991-2, 6.3.2). Dynamic coefficient Φ3 for load schemes LM71 according to SRPS EN 1991-2, 6.4.5.2:

The load scheme "unloaded trains", for stability control in case there is a train with unloaded wagons on the structure, according to chapter 6.3.4 of SRPS EN 1991-2, adopted as a vertical uniformly distributed load qkv = 10.0kN/m.

Eccentricity of vertical traffic loads

For straight bridges according to chapter 6.3.5 of the standard SRPS EN 1991-2.

$e = 150/18 = 8.33\text{cm}$ adopted $e = 8\text{cm}$

Equivalent traffic load for calculation of earth pressures on abutments according to chapter 6.3.6.4 of SRPS EN 1991-2.

Live load on the revision footpaths was adopted in accordance with chapter 6.3.7 of the SRPS EN 1991-2 standard, as a uniformly distributed load of qfk = 5kN/m2 over the entire width of the footpath.

- Horizontal traffic load

Centrifugal force (SRPS EN 1991-2, 6.5.1)

Nosing force (SRPS EN 1991-2, 6.5.2)

Traction and braking forces (SRPS EN 1991-2, 6.5.3)

- Loads due to temperature effects (SRPS EN 1991-1-5 and SRPS EN 1991-1-5 / NA);

- Wind load (SRPS EN 1991-1-4 and SRPS EN 1991-1-4 / NA);

- Seismic load (SRPS EN 1998-1, SRPS EN 1998-2 and SRPS EN 1998-5)

  The design seismic load of bridges is determined by the equivalent linear method for the design spectrum for elastic analysis according to Chapter 3.2.2.5 of SRPS EN 1998-1, with importance factor of the bridge γ_I=1.3 and the importance class III, for the reference return period T_{NCR} = 475 years. Lower bound factor for the horizontal design spectrum β=0.2 (SRPS EN 1998-1 / NA, Clause 2.11).
  Behavior factor is adopted as q = 1.0
  For the location of the bridge, type 1 elastic response spectrum is applied (SRPS EN 1998-1 / NA, Item 2.9), for ground type "C".
  Design ground acceleration on type A ground a_g=0.1·g (SRPS EN 1998-1/NA, Table A.1)
  The equivalent static seismic force was determined using the fundamental mode method, combining the components of seismic action for the two considered directions (SRPA EN 1998-2, 4.2.2.1 and 4.2.1.4).
  Seismic soil pressure was determined using a simplified analysis (SRPS EN 1998-5, Annex E).

- Accidental actions - impact of road vehicles on bridge elements, according to SRPS EN 1991-1-7;

- Derailment actions from rail traffic on a railway bridge (SRPS EN 1991-2, 6.7);

Load combinations for the control of the ultimate limit states and servisibility limit states are adopted in accordance with SRPS EN 1990 and SRPS EN 1990/NA.

For the adopted structural solution of the bridge structure, the control of servisibility limit states was performed in accordance with the provisions of Chapter A2.4.4 of the SRPS EN 1990 and SRPS EN 1990 / NA standards, as follows:

Overview of basic criteria for servisibility limit states

Criteria	*Reqested*	*Achieved*	*Norm*
Vertical deformation of the deck	$\delta_v < L/0.9 \cdot 700$	$\delta_v = L/1088$	SRPS EN 1990 A2.4.4.3
Deck end rotations	$\theta_1 < 3.5 \cdot 10^{-3} rad$ $\theta_2 < 5 \cdot 10^{-3} rad$	$\theta_1 = 1.5 \cdot 10^{-3} rad$ $\theta_2 = 3.5 \cdot 10^{-3} rad$	SRPS EN 1990 A2.4.4.2.3
Deck twist	$t < 4.5mm$	$t = 2.5mm$	SRPS EN 1990 A2.4.4.2.2
Lateral frequencies	$f_1 > 1.20Hz$	$f_1 = 2.58Hz$	SRPS EN 1990/HA 2.2.31
Horizontal displacements due to traction and braking	$\delta_b < 5mm$	$\delta_b = 4.04mm$	SRPS EN 1991-2 6.5.4.5.2
Longitudinal displacement of deck ends due to vertical load	$b_v < 8mm$	$b_v = 1mm$	SRPS EN 1991-2 6.5.4.5.2
Vertical displacement of the deck ends in telation to the abutment, due to vertical load	$\delta_v < 3mm$	$\delta_v = 0.5mm$	SRPS EN 1991-2 6.5.4.5.2

For all structural elements, dimensioning was performed for both ultimate limit states and serviceability limit states.

7. Извођење радова Execution of works

The construction is carried out by erection and casting on site.

The construction of the bridge includes the following works:

- preliminary works,
- demolition of the existing bridge structures according to the Demolition design Book 10/1
- geodetic terrain surveying and marking,
- protection of the excavation and the existing embankment,
- excavation of soil for pile cap beams,
- boring of piles for the abutments and piers of the bridge,

Note for the Contractor:

Based on the Conditions issued by JKP "Vodovod i kanalizacija" Novi Sad, we were informed that at the location of the underpass exist a reinforced concrete sewer collector of general type, dimensions 2.5 * 1.2 m. The exact position of the collector, as well as its depth, could not be determined in the design phase. The route of the collector is determined by orientation. When determining the position of the new piles, this omission was taken into account in such a way that the new piles and head beams remained in the dimensions of the existing ones.

Particular attention should be paid to the existing collector when making piles and columns, so as not to jeopardize its stability and functionality.

- construction of pile cap beams with water pumping during excavation and concreting of pile cap beams,
- construction of abutments and piers,
- erection of the rolled steel girders HEA 600,
- installation of reinforcement and concreting of the deck,
- waterproofing of concrete surfaces that are in contact with the ground,
- backfilling of the abutment foundations with part of the material from excavation,
- construction of a gravel wedge between the wing walls,
- waterproofing of the deck,
- installation of expansion devices at abutments,
- construction of traffic profile elements,
- revision footpaths waterproofing,
- installation of OCS portals,
- placing of installations,
- manufacture, assembly and corrosion protection of railing on the revision footpaths,
- installation of signalling system,
- test load of the bridge.

2/1.1.2.6 НУМЕРИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА

2/1.1.2.6.1 СТАТИЧКИ ПРОРАЧУН

САДРЖАЈ / TABLE OF CONTENT

САДРЖАЈ / TABLE OF CONTENT 1
1 УЛАЗНИ ПОДАЦИ / INPUT DATA 7
1.1 ДИСПОЗИЦИЈА КОНСТРУКЦИЈЕ / Structure layout 7
1.2 КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА / Material properties 9
1.2.1 Челична конструкција / Structural steel 9
1.2.2 Арматурни челик / Reinforcing steel 9
1.2.3 Бетон / Concrete 10
1.2.4 Парцијални коефицијенти сигурности за материјале / Partial safety factors for materials 11
1.2.4.1 Челик / Steel 11
1.2.4.2 Бетон и арматура 11
1.3 ГЕОМЕТРИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ / Section property 12
1.3.1 I Фаза – челични носачи од ваљаних профила HEA 600 / I Phase – steel girders of rolled section HEA 600 12
1.3.2 II Фаза – спрегнут пресек / II Phase – composite girders (filler beam) 12
1.3.2.1 Геометријске карактеристике неиспрскалог бетонског пресека E_aI_1 / Section property of uncracked section E_aI_1 12
1.3.2.2 Геометријске карактеристике испрскалог бетонског пресека E_aI_2 13
1.3.2.3 Попречни носачи / Cross girders 15
1.4 ПРОРАЧУНСКИ МОДЕЛИ КОНСТРУКЦИЈЕ / Structural model 16
1.4.1 I ФАЗА / I PHASE 16
1.4.2 II ФАЗА / II PHASE 18
1.4.3 Просторни модел за анализу стубова и модалну анализу конструкције / FE model for global analysis 21
2 АНАЛИЗА ОПТЕРЕЋЕЊА / Actions 23
2.1 Стално оптерећење / Permanent loads 23
2.1.1 Сопствена тежина конструкције / Self-weight $G_{k,1}$ 23
2.1.1.1 Тежина коловозне конструкције / Deck weight 23
2.1.1.2 Сопствена тежина стубова 23
2.1.2 Стални терет на мосту / Dead load $G_{k,2}$ 24
2.1.3 Скупљање и течење / Creep and shrinkage S 25
2.1.4 Стални вертикални притисак од земље (тежина земље) $G_{k,3}$ 26
2.1.5 Притисак тла / Earth pressure E_d 26
2.2 Променљива оптерећења / Traffic loads 27
2.2.1 Вертикално саобраћајно оптерећење / Vertical traffic loads $Q_{v,1}$ 27
2.2.1.1 Шема оптерећења / Load model LM71 27
2.2.1.2 Шема оптерећења / Load model SW/0 27
2.2.1.3 Шема оптерећења / Load model SW/2 27
2.2.1.4 Шема оптерећења „празни вагони“ / Load Model “unloaded train” $q_{v,2}$ 28
2.2.1.5 Ексцентрицитет вертикалног саобраћајног оптерећења / Eccentricity of vertical loads 28
2.2.1.6 Подужна и попречна расподела вертикалног оптерећења / Distribution of axle loads 28
2.2.1.7 Еквивалентно оптерећење за притисак земље / Equivalent vertical loading for earth pressure $\Delta E_{d,Qvk}$ 28
2.2.1.8 Корисно оптерећење на ревизионим стазама q_{fk} 29
2.2.2 Динамички ефекти / Dynamic effects 29
2.2.3 Хоризонталне силе услед саобраћајног оптерећења / Horizontal forces due to traffic load 30
2.2.3.1 Сила бочног удара / Centrifugal force Q_{sk} 30

2.2.3.2 Силе од кочења и покретања воза Q_{lak} ,Q_{lbk} ... 30
2.2.4 Прерасподела саобраћајног оптерећења ... 31
2.3 Замена лежишта / Replacement of bearings ... 31
2.4 Утицаји од температуре / Thermal actions T_k ... 32
2.4.1 Утицаји од равномерне температурне промене ... 32
2.5 Оптерећење ветром / Wind actions F_{wk} ... 33
2.5.1 Дејство ветра на коловозну конструкцију ... 33
2.5.2 Ветар на стубове моста ... 36
2.5.3 Контрола стабилности за случај када се на конструкцији налази воз са неоптерећеним вагонима ... 36
2.6 Оптерећење снегом $Q_{Sn,k}$ ... 36
2.7 Сеизмичко оптерећење / Seismic actions A_E ... 37
2.7.1 Сеизмичке силе на конструкцију / Seismic actions on a bridge structure A_{Ed} ... 37
2.7.2 Сеизмички притисак тла / Seismic earth pressure E_{Ed} ... 41
2.8 Инцидентна оптерећења / Accidental actions ... 42
2.8.1 Утицај исклизнућа железничких возила / Derailment actions Q_{A1d}, q_{A1d}, q_{A2d} ... 42
2.8.2 Удар друмских возила о стубове моста / Impact of road vehicles on substructures F_{dx},F_{dy} ... 43
3 ПРИНЦИПИ КОМБИНОВАЊА ОПТЕРЕЋЕЊА / Combinations of actions ... 44
3.1 Преглед оптерећења / Actions ... 44
3.2 Прорачунске комбинације / Design combination of actions ... 45
3.2.1 Гранична стања носивости / Ultimate limit states (ULS) ... 45
3.2.1.1 Комбинације дејстава за стална или пролазне прорачунске ситуације (Основне комбинације) / Combinations of actions for persistent or transient design situations (Fundamental combinations) ... 45
3.2.1.2 Комбинације дејстава за сеизмичке прорачунске ситуације / Combinations of actions for seismic design situations ... 45
3.2.1.3 Комбинације дејстава за инцидентне прорачунске ситуације / Combinations of actions for accidental design situations ... 45
3.2.2 Гранична стања употребљивости / Serviceability limit states (SLS) ... 46
3.2.2.1 Карактеристична комбинација дејстава за неповратна гранична стања / Characteristic combinations ... 46
3.2.2.2 Честа комбинација дејстава за повратна гранична стања / Frequent combination ... 46
3.2.2.3 Квази-стална комбинација дејстава за дуготрајна дејства и изглед конструкције / Quasi-permanent combination ... 46
4 Стање употребљивости / Serviceability limit states ... 47
4.1 Увртање коловозне плоче / Deck twist ... 47
4.2 Попречне деформације и сопствене хоризонталне фреквенције / Transverse deformation and vibration of the deck ... 47
4.3 Угиби конструкције / Vertical deflection ... 49
4.3.1 Угиби услед вертикалног саобраћајног оптерећења / Vertical deflection due to vertical traffic actions ... 50
4.4 Хоризонтална померања / Longitudinal displacement ... 51
4.4.1 Релативно хоризонтално померање услед вертикалног саобраћајног оптерећења / Longitudinal displacement due to vertical traffic actions ... 51
4.4.2 Релативно хоризонтално померање услед силе кочења и покретања / Due to traction and braking ... 51
4.4.3 Релативно хоризонтално померање услед дејства температуре ... 52
4.4.4 Релативно хоризонтално померање услед скупљања ... 52
4.4.5 Релативно хоризонтално померање услед сеизмике ... 53
4.4.6 Укупно релативно хоризонтално померање ... 53

4.5 Ротације у вертикалној равни / Rotation of the deck 54
4.5.1 Ротација ослоначког попречног пресека услед саобраћајног оптерећења / Rotation of the deck due to traffic load 54
5 ГЛАВИ НОСАЧ / Main girder 56
5.1 Статички утицаји у главном носачу / Internal forces and moments in main girder 58
5.1.1 I Фаза – челични носчи / I Phase – steel girders 58
5.1.1.1 Сопствена тежина челичних носача и свежег бетона $G_{k,1}$ 58
5.1.2 II Фаза – убетонирани челични носачи / II Phase – filler beams 60
5.1.2.1 Тежина сталног терета $G_{k,2}$ 60
5.1.2.2 Саобраћајно оптерећење, шеме LM71, SW/0 и SW/2 - $\alpha \cdot Q_{v1}$ 61
5.1.2.3 Силе од кочења и покретања воза Q_{lak} ,Q_{lbk} и сила бочног удара $0.5 \cdot \alpha \cdot Q_{sk}$ 63
5.1.2.4 Корисно оптерећење на ревизионим стазама q_{fk} 64
5.1.2.5 Оптерећењ ветром 64
5.1.2.6 Утицај исклизнућа железничких возила на мосту A_d 65
5.1.2.7 Утицај temperature T_k 68
5.1.2.8 Скупљање S 68
5.2 Контрола нормалних напона / Stress control 69
5.2.1 Нормални напони за појединачна оптерећења 70
5.2.1.1 Нормални напони услед сталног оптерећења 70
5.2.1.2 Нормални напони услед промењљивих оптерећења 73
5.2.1.3 Контрола напона услед квази-сталне и карактеристичне комбинације оптерећења 75
5.3 Контрола граничне носивости / Ultimate limit states 82
5.3.1 Контрола граничне носивости на савијање и смицање / Design resistance for bending and shear 84
5.3.2 Пренос реакције у лежишта кроз средње попречне носаче / Transmission of the vertical shear forces through the transverse girder at mid supports 91
5.4 Контрола карактеристичне ширине прслина / Crack control 92
5.5 Контрола отпорности на замор / Fatigue verification 93
5.5.1 Контрола отпорности на замор завареног сучеоног споја главног носача / Fatique verification of the but welded splice of roled beams 93
5.5.2 Контрола отпорности на замор бетона и подужне арматуре / Fatigue verification of concrete and longitudinal reinforcement 95
5.5.2.1 Арматурни челик / Reinforcing steel 95
5.5.2.2 Бетон изложен напонима притиска / Concrete subjected to compression 96
6 ПОПРЕЧНИ НОСАЧИ / Cross girders 97
6.1 Статички утицаји у крајњим ослоначким носачима / Internal forces and moments in end cross girders 98
6.1.1 Фаза монтаже доњег дела носача / Erection of the lower part of the girder 98
6.1.2 I фаза - тежина челика и свежег бетона $G_{k,1}$ 98
6.1.3 II фаза - Стални терет $G_{k,2}$ 99
6.1.4 Саобраћајно оптерећење, шеме LM71, SW/0 и SW/2 - $\alpha \cdot \Phi 3 \cdot Q_{v1} + \alpha \cdot Q_{tk}$ 100
6.1.5 Сила бочног удара $\alpha \cdot Q_{sk}$ 101
6.1.6 Силе од кочења и покретања воза Q_{lak} ,Q_{lbk} 101
6.1.7 Корисно оптерећење на ревизионим стазама q_{fk} 102
6.1.8 Утицај исклизнућа железничких возила на мосту Q_{Ad} 102
6.1.9 Оптерећење ветром $F_{w,train}$ 103
6.1.10 Конструкција на привременим ослонцима приликом замене лежишта / Construction on temporary supports due to bearing replacing 104

6.2 Статички утицаји у средњим ослоначким носачима / Internal forces and moments in mid cross girders 106
6.2.1 Фаза монтаже доњег дела носача 106
6.2.2 I фаза - тежина челика и свежег бетона $G_{k,1}$ 106
6.2.3 II фаза - Стални терет $G_{k,2}$ 107
6.2.4 Саобраћајно оптерећење, шеме LM71, SW/0 и SW/2 - $\alpha \cdot \Phi 3 \cdot Q_{v1} + \alpha \cdot Q_{tk}$ 108
6.2.5 Сила бочног удара $\alpha \cdot Qsk$ 108
6.2.6 Силе од кочења и покретања воза Q_{lak} ,Q_{lbk} 109
6.2.7 Корисно оптерећење на ревизионим стазама q_{fk} 109
6.2.8 Утицај исклизнућа железничких возила на мосту Q_{Ad} 110
6.2.9 Оптерећење ветром $F_{w,train}$ 111
6.2.10 Конструкција на привременим ослонцима приликом замене лежишта / Construction on temporary supports due to bearing replacing 111
6.3 Гранично стање носивости / Ultimate limit states 114
6.3.1 Носивост пресека на савијање / Design resistance for bending 116
6.3.1.1 Крајњи ослоначки попречни носачи – лева и десна конструкција / End cross girders – lefr and right structure 116
6.3.1.2 Крајњи ослоначки попречни носачи – средња конструкција / End cross girders – mid structure 119
6.3.1.3 Средњи попречни носач – лева и десна конструкција / Mid cross girders – left and right structure 122
6.3.1.4 Средњи попречни носач – средња конструкција / Mid cross girders – mid structure 126
6.3.2 Носивост пресека на смицање и торзију / Design resistance for shear and torsion 130
6.3.2.1 Ослоначки попречни носач – лева и десна конструкција / End sross girders – left and right structure 130
6.3.2.2 Ослоначки попречни носач – средња конструкција / End sross girders – mid structure 132
6.3.2.3 Средњи попречни носач – лева и десна конструкција / Mid cross girders – left and right structure 133
6.3.2.4 Средњи попречни носач – средња конструкција / Mid cross girders – left and right structure 136
6.4 Гранично стање употребљивости / Serviceability limit state 139
6.4.1 Контрола напона / Stress control 139
6.4.1.1 Ослоначки попречни носач / End cross girder 139
6.4.1.2 Средњи попречни носач / Mid cross girder 141
6.4.2 Контрола прслина / Crack control 142
7 Коловозна плоча / Concrete deck 143
7.1 Статички утицаји у коловозној плочи / Internal forces and moments in transverse concrete members 143
7.1.1 Стални терет $G_{k,2}$ 143
7.1.2 Саобраћајно оптерећење шеме LM71, SW/0 и SW/2 - $\alpha \cdot Q_{v1}$ 145
7.1.3 Сила бочног удара $\alpha \cdot Q_{sk}$ 146
7.1.4 Утицај исклизнућа железничких возила на мосту Q_{Ad} 147
7.2 Гранично стање носивости / Ultimate limit states 149
7.2.1 Носивост пресека на савијање 149
7.2.1.1 Прорачун попречне арматуре у пољима / Transverse reinforcement in the spans 150
7.2.1.2 Прорачун попречне арматура у зони средњих ослонаца / Transverse reinforcement at the mid cross girders 152
7.2.2 Носивост пресека на смицање / Design resistance for shear 154
7.3 Гранично стање употребљивости / Serviceability limit state 155
7.3.1 Контрола напона и карактеристичне ширине прслина / Stress and crack control 155

8 Конзола ревизионе стазе / Deck cantilevers 157
8.1 Анализа оптерећења / Actions 157
8.2 Контрола граничне носивости / Ultimate limit states 157
8.2.1 Носивост пресека на савијање / Design bending resistance 158
8.2.2 Носивост пресека на смицање и торзију / Design shear resistance 159
8.3 Гранично стање употребљивости / Serviceability limit state 162
9 Лежишта / Bearings 164
9.1 Комбинације оптерећења / Combination of actions 165
9.2 Реакције лежишта / Bearing reactions 165
9.2.1 Подужно покретна лежишта / Longitudinally movable bearings 165
9.2.2 Подужно непокретна лежишта / Fixed bearings 169
10 Доњи строј моста / Substructure 173
10.1 Оптерећења и меродавне комбинације 177
10.2 Обални стубови / Abutments 180
10.2.1 Парапетни зид / Parapet wall 180
10.2.2 Статички утицаји у стубу и крилним зидовима / Internal forces and moments in abutment and wing wall 182
10.2.3 Димензионисање стуба и крилних зидова / Design of abutments and wing walls 187
10.2.3.1 Стуб / Abutment 187
10.2.3.2 Крилни зидови / Wing walls 190
10.2.4 Контрола граничне носивости стуба / Ultimate limit state 191
10.2.4.1 Контрола граничне носивости стуба за једноосно и двоосно савијање / Bending and Biaxial bending 191
10.2.4.2 Носивост пресека на смицање / Design resistance for shear 196
10.2.5 Контрола граничних стања употребљивост / Serviceability limit states 196
10.2.5.1 Стаички утицаји у стубу услед карактеристичне комбинације оптерећења 196
10.2.5.2 Контрола напона и карактеристичне ширине прслина / Stress and Crack control 198
10.3 Средњи стуб / Piers 200
10.3.1 Статички утицаји услед меродавних комбинација оптерећења / Internal forces and moments due to relevant load combinations 200
10.3.2 Димензинисање стуба / Design of piers 206
10.3.3 Контрола граничне носивости стуба / Ultimate limit state 208
10.3.3.1 Контрола граничне носивости стуба за једноосно и двоосно савијање / Bending and Biaxial bending 208
10.3.3.2 Носивост пресека на смицање / Design resistance for shear 212
10.3.4 Контрола граничних стања употребљивост / Serviceability limit states 213
10.3.4.1 Стаички утицаји у стубу услед карактеристичне комбинације оптерећења 213
10.3.4.2 Контрола напона и карактеристичне ширине прслина / Stress and Crack control 214
10.4 Наглавне греде / Pile caps 215
10.4.1 Статички утицаји услед меродавних комбинација оптерећења / Internal forces and moments 215
10.4.2 Димензионисање / Design 223
10.4.2.1 Минимална и максимална арматура / Minimum and maximum reinforcement areas 223
10.4.2.2 Димензионисање арматуре у попречном правцу / Reinforcement in transverse direction 223
10.4.2.3 Димензионисање арматуре у подужном правцу / Reinforcement in longitudinal direction 224
10.4.3 Контрола наглавне греде на пробој / Punching control 226
10.5 Шипови / Piles 229
10.5.1 Силе у нивоу базе шипа / Reactions 229
10.5.2 Статички утицаји услед меродавних комбинација оптерећења / Internal forces 233

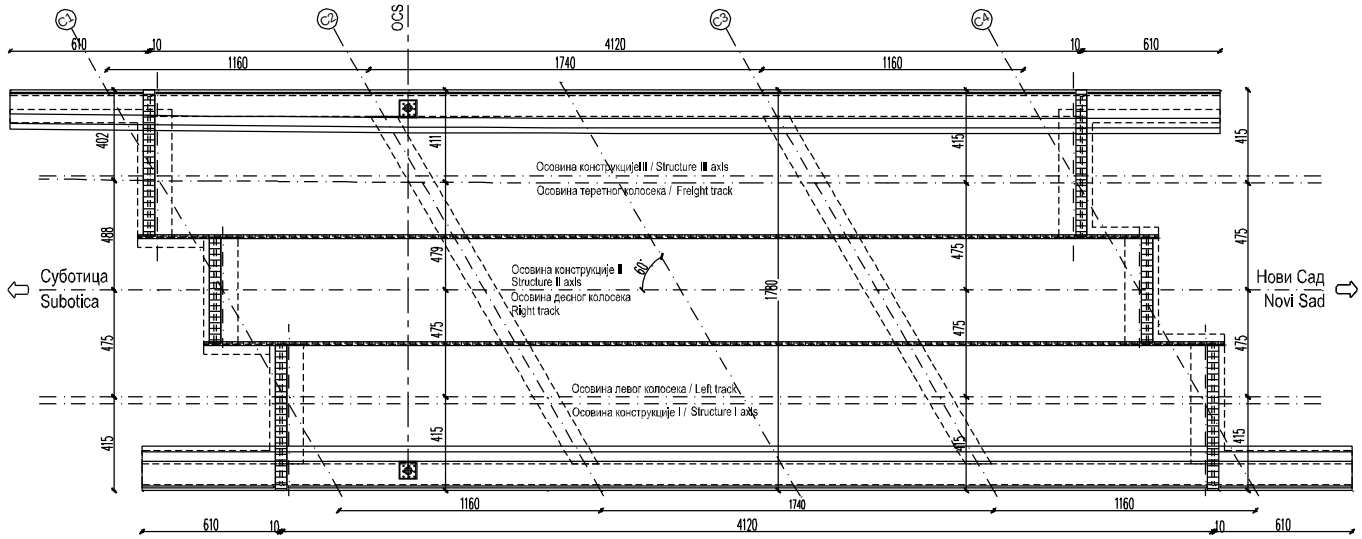
10.5.3 Димензионисање шипова / Design 240
10.5.4 Контрола напона у шиповима / Stress control 244
10.6 Допунска анализа за девијацију / ADDITIONAL ANALYSIS FOR DEVIATION OF G_{k2} 247
Прилог 1 / ANNEX 1 250

1 УЛАЗНИ ПОДАЦИ / INPUT DATA

1.1 ДИСПОЗИЦИЈА КОНСТРУКЦИЈЕ / STRUCTURE LAYOUT

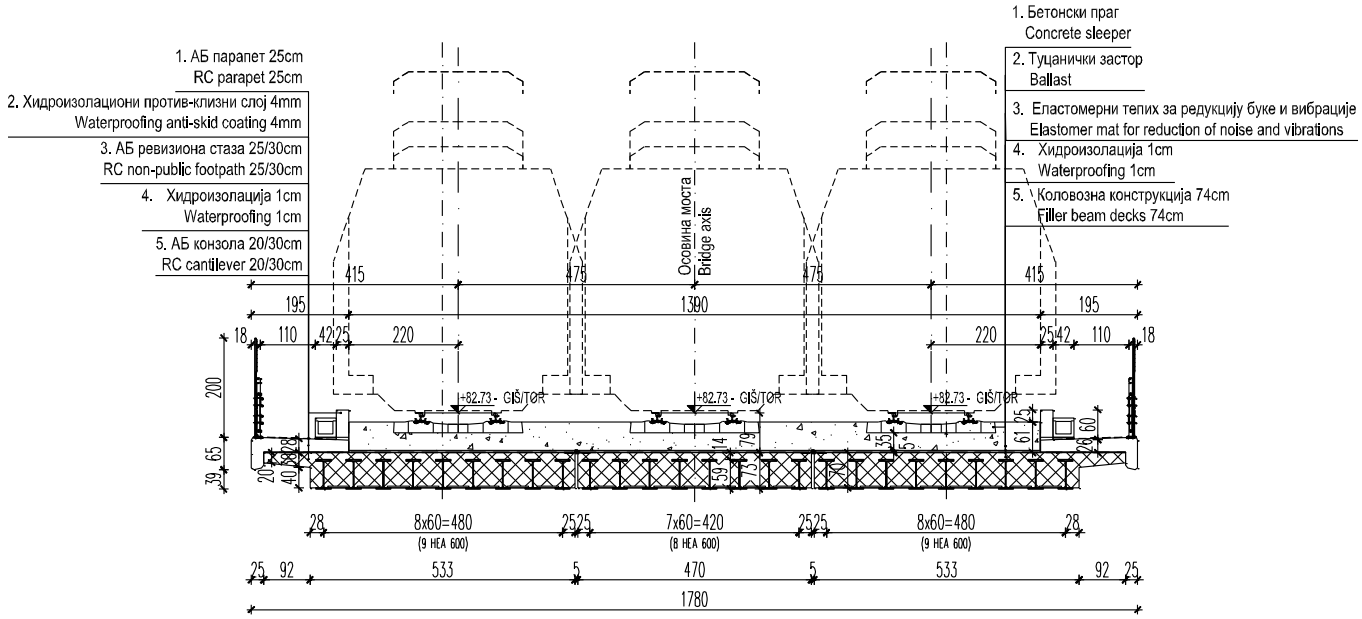
Основа конструкције

Plan view

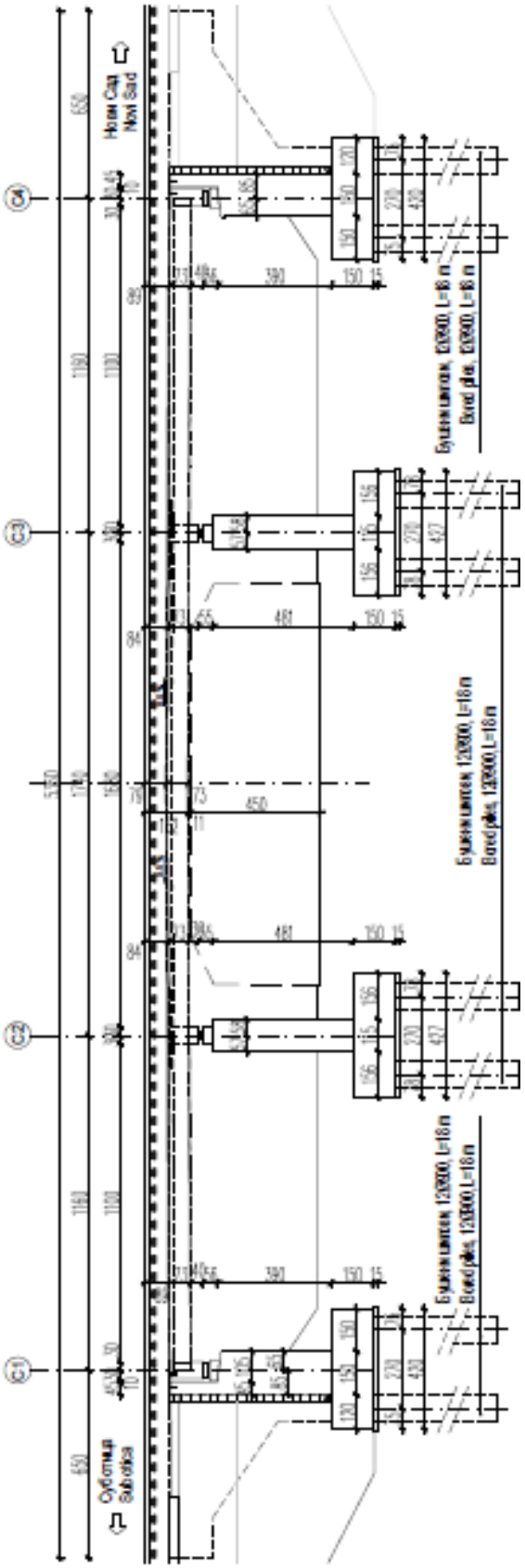


Карактеристичан попречни пресек

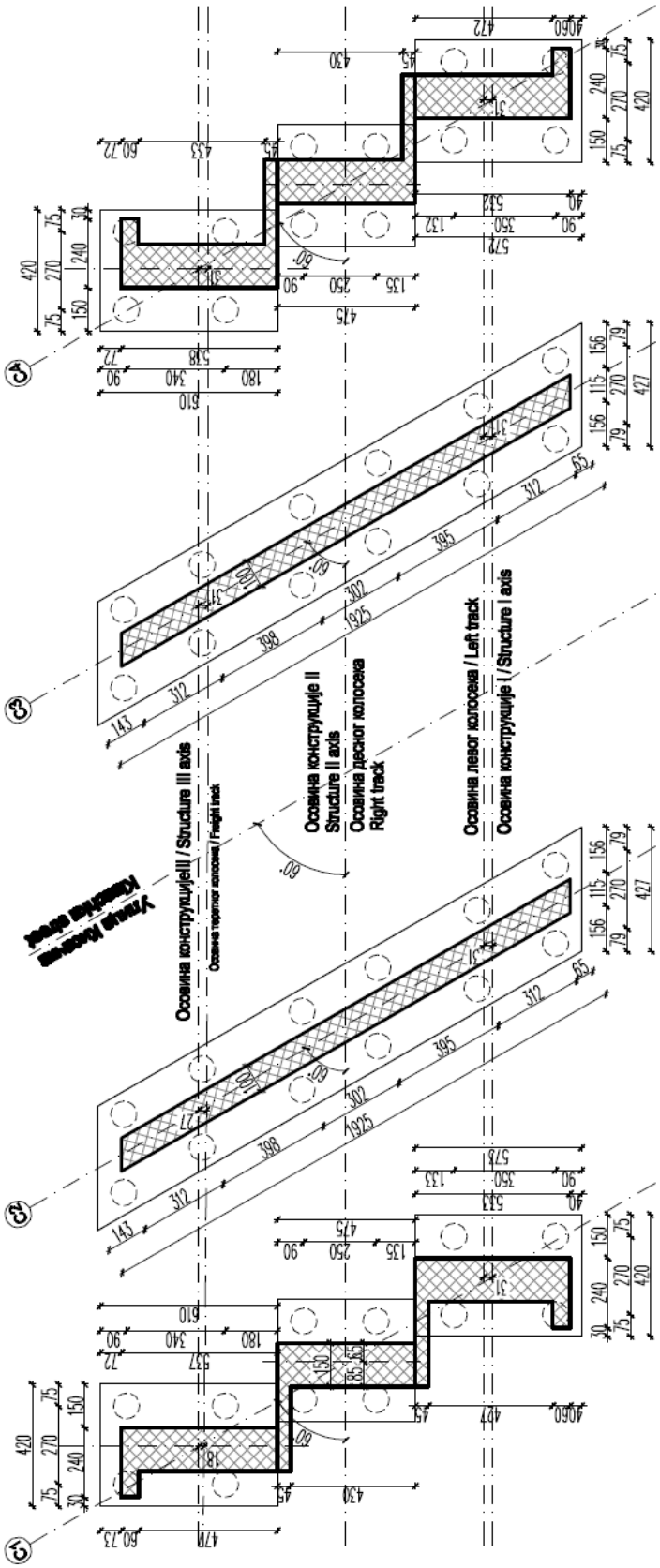
Characteristic cross section



Подужни пресек
Longitudinal section



Основа стубова и темеља
Pier and foundation layout



1.2 КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА / MATERIAL PROPERTIES

1.2.1 Челична конструкција / Structural steel

Материјал челичне конструкције главног носача је из групе S355. Избор материјала у скалду са EN1993-1-10 и UIC 773.

Steel grade S355 is considered for the main girder. Selection of materials according to EN1993-1-10 and UIC 773.

Table 2.1: Maximum permissible values of element thickness t in mm

Steel grade	Sub-grade	KV (AC2) at T [°C]	KV (AC2) J_{min}	Reference temperature T_{Ed} [°C] 10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
				$\sigma_{Ed} = 0{,}75\ f_y(t)$							$\sigma_{Ed} = 0{,}50\ f_y(t)$							$\sigma_{Ed} = 0{,}25\ f_y(t)$						
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110
	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	15	10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95
	ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130
S420	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85
	ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120
S460	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70
	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95
	ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115
	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130
S690	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45
	Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75
	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85
	QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100

Усвојено / Adopted: **S355J2+M** (t≤35mm)

Граница развлачења / Yield strength f_y =35.5kN/cm^2, t≤40mm

Затезна чврстоћа / Ultimate strength f_u =51.0kN/cm^2, t≤40mm

Модул еластичности / Modulus of elasticity E_a=2.10×10^4 kN/cm^2

Поасонов коефицијент / Poisson's ratio ν_a=0.3

Коеф. температурног издужења / Coefficient of linear thermal expansion $\alpha_{t,a}$=1.2×10^{-5}

1.2.2 Арматурни челик / Reinforcing steel

Арматура B500C (СРПС ЕН 1992-1-1, 3.2, прилог Ц)

Reinforcement B500C (SRPS EN 1992-1-1, 3.2, Annex C)

Граница развлачења / Characteristic yield strength f_{yk}=500 N/mm^2

Модул еластичности / Modulus of elasticity E_s=200000 N/mm^2

Ради поједностављења у прорачуну коришћено E_s=210000 N/mm^2 (СРПС ЕН 1994-2, 3.2(2)).

In order to simplify, for calculation is used E_s=210000 N/mm^2 (SRPS EN 1994-2, 3.2(2)).

1.2.3 Бетон / Concrete

Карактеристике материјала према стандарду СРПС ЕН 1992-1-1, Поглавља 3 и 4 и Прилог Е, СРПС ЕН 1992-1-1/НА, UIC 773 и Ril 804.

Mechanical properties of the concrete elements of the bridge adopted according to SRPS EN 1992-1-1, Chapters 3 and 4, Appendix E and National annex SRPS EN 1992-1-1/NA, UIC 773 and Ril 804.

f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2
$f_{ctk,\ 0,05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2
$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34

Коловозна плоча, попречни носачи и квадери:
Deck, cross girders and bearing pedestals:
C35/45 класе изложености XC3, XD1, XF1

Ревизиона стаза:
Non-public footpath:
C30/37 класе изложености XC3, XD1, XF3

Средњи и обални стубови:
Abutments and piers:
C30/37 класе изложености XC4, XD3, XA1, средњи стубови још и XF2

Наглавне греде и шипови:
Pile caps and piles:
C25/30 класе изложености XC2, XA1

Поасонов коефицијент / Poisson's ratio $\nu_c=0.2$

Коеф. температурног издужења / Coefficient of linear thermal expansion $\alpha_{t,c}=1.0\cdot10^{-5}$

Најмања дебљина заштитног слоја бетона (СРПС ЕН 1992-1-1, 4.4.1.2)
Minimum concrete cover (SRPS EN 1992-1-1, 4.4.1.2)

$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$

$c_{min} = \max \{c_{min,b};\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add};\ 10\ mm\}$

$c_{min,b} = Ø=25\ mm$

Прорачунски експлоатациони век конструкције 100 година, плочасти елементи, контрола квалитета производње бетона.

Design working life of a structure is 100 years, member with slab geometry and quality control of the concrete production ensured.

S4+2-1-1-1=S3 $c_{min,\ dur} = 30$ mm – арматура у коловозној плочи / reinforcement in deck

S4+2-1-1-1=S3 $c_{min,\ dur} = 40$ mm – арматура у стубовима / reinforcement in abutments and piers

$\Delta c_{dur,\ \gamma} = 0$ mm

$\Delta c_{dur,st} = 0$ mm

$\Delta c_{dur,add} = 0$ mm

$c_{min} = 30$ mm – арматура у коловозној плочи / reinforcement in deck

$c_{min} = 40$ mm – арматура у стубовима / reinforcement in abutments and piers

$\Delta c_{dev} = 10$ mm

$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 40$ mm – арматура у коловозној плочи / reinforcement in deck

$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 50$ mm – арматура у стубовима / reinforcement in abutments and piers

$c_{nom} = k_2 = 75$ mm – обални стубови, наглавне греде и шипови (СРПС ЕН 1992-1-1,4.4.1.3(4)) / abutments, pile caps and pils (SRPS EN 1992-1-1,4.4.1.3(4))

1.2.4 Парцијални коефицијенти сигурности за материјале / Partial safety factors for materials

Парцијални коефицијенти према стандарддима: СРПС ЕН 192-1-1, СРПС ЕН 1993-2, СРПС ЕН 1993-1-9, СРПС ЕН 1994-2.

Partial safety factors for materials according to standards: SRPS EN 1992-1-1, SRPS EN 1993-2, SRPS EN 1993-1-9 and SRPS EN 1994-2.

1.2.4.1 Челик / Steel

Гранично стање носивости (СРПС ЕН 1993-2, 6.1 Табела 6.1):

Ultimate Limit State (ULS) (SRPS EN 1993-2, 6.1 Table 6.1):

Препоручене вредности за мостове / Recommended values for bridges

$\gamma_{M0} = 1,00$ $\gamma_{M2} = 1,25$ $\gamma_{M3,ser} = 1,10$ $\gamma_{M5} = 1,10$

$\gamma_{M1} = 1,10$ $\gamma_{M3} = 1,25$ $\gamma_{M4} = 1,10$ $\gamma_{M6,ser} = 1,00$ $\gamma_{M7} = 1,10$

Гранично стање употребљивости (СРПС ЕН 1993-2, 7.3):

Serviceability Limit State (SLS) (SRPS EN 1993-2, 7.3):

Препорука / Recommended $\gamma_{M,ser}$=1.00

Кнтрола отпорности на замор (СРПС ЕН 1993-1-9, 3 Табела 3.1):

Factors for fatigue strength (SRPS EN 1993-1-9, 3 Table 3.1):

Assessment method	Consequence of failure	
	Low consequence	High consequence
Damage tolerant	1,00	1,15
Safe life	1,15	1,35

1.2.4.2 Бетон и арматура

Гранично стање носивости (СРПС ЕН 1992-1-1, 2.4.2.4):

Ultimate Limit State (ULS) (SRPS EN 1992-1-1, 2.4.2.4):

Design situations	γ_C for concrete	γ_S for reinforcing steel	γ_S for prestressing steel
Persistent & Transient	1,5	1,15	1,15
Accidental	1,2	1,0	1,0

Гранично стање употребљивости (СРПС ЕН 1992-1-1/НА Тачка 2.8):

Serviceability Limit State (SLS) (SRPS EN 1992-1-1/NA Clause 2.8):

Препорука / Recommended γ_c=1.00 γ_s=1.00.

Контрола отпорности на замор

Fatigue verification

Приликом верификације замора, за вредности $\gamma_{C,fat}$ и $\gamma_{S,fat}$, усвајају се препоручене вредности парцијалних коефицијената за сталне прорачунске ситуације (СРПС ЕН 1992-1-1/НА Тачка 2.7).

For fatigue verification the partial factors $\gamma_{C,fat}$ and $\gamma_{S,fat}$, is recommendet factors for persistent design situations (SRPS EN 1992-1-1/НА Тачка 2.7).

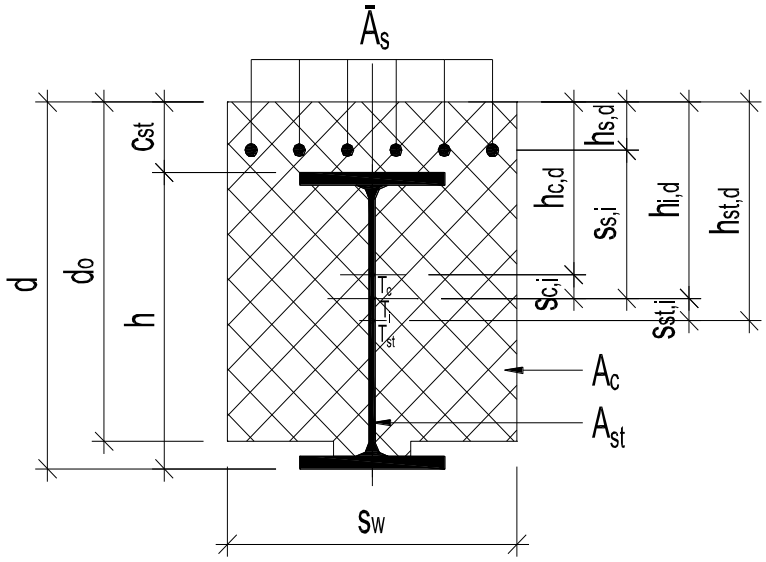
1.3 ГЕОМЕТРИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ / SECTION PROPERTY

1.3.1 I Фаза – челични носачи од ваљаних профила HEA 600 / I Phase – steel girders of rolled section HEA 600

set	d [cm]	A_{st} [cm^2]	$I_{t,st}$ [cm^4]	I_{st} [cm^4]	h [cm]
1	73	226	352	141208	59
2	73	226	352	141208	59

1.3.2 II Фаза – спрегнут пресек / II Phase – composite girders (filler beam)

1.3.2.1 Геометријске карактеристике неиспрскалог бетонског пресека E_aI_1 / Section property of uncracked section E_aI_1



$$h_{i,d} = \frac{(n-1)\cdot(A_{st}\cdot h_{st,d} + \bar{A}_s \cdot h_{s,d}) + A_c \cdot d_0/2}{(n-1)\cdot(A_{st} + \bar{A}_s) + A_c}$$

set	d [cm]	A_{st} [cm^2]	$I_{t,st}$ [cm^4]	I_{st} [cm^4]	h [cm]	$h_{st,d}$ [cm]	d_o [cm]	s_w [cm]	A_c [cm^2]	I_c [cm^4]	c_{st} [cm]	$h_{c,d}$ [cm]	$\bar{A}_s$ [cm^2]	$h_{s,d}$ [cm]
1	73	226	352	141208	59	43.5	67.5	60	3947	1541636	14	34.3	0	0
2	73	226	352	141208	59	43.5	67.5	60	3947	1541636	14	34.3	19.64	7.95

	Kratkotrajna opterećenja		n_i= 6			
set	A_i [cm^2]	$h_{i,d}^0$ [cm]	$s_{st,i}$ [cm]	$s_{c,i}$ [cm]	$s_{s,i}$ [cm]	I_i [cm^4]
1	884	36.38	-7.12	2.04	0.00	412338
2	903	35.84	-7.66	1.50	27.89	413682

	Dugotrajna opterećenja		n_v= 18			
set	A_i [cm^2]	$h_{i,d}^0$ [cm]	$s_{st,i}$ [cm]	$s_{c,i}$ [cm]	$s_{s,i}$ [cm]	I_i [cm^4]
1	445	38.86	-4.64	4.52	0.00	236197
2	465	37.59	-5.91	3.25	29.64	237962

1.3.2.2 Геометријске карактеристике испрскалог бетонског пресека E_{al2}

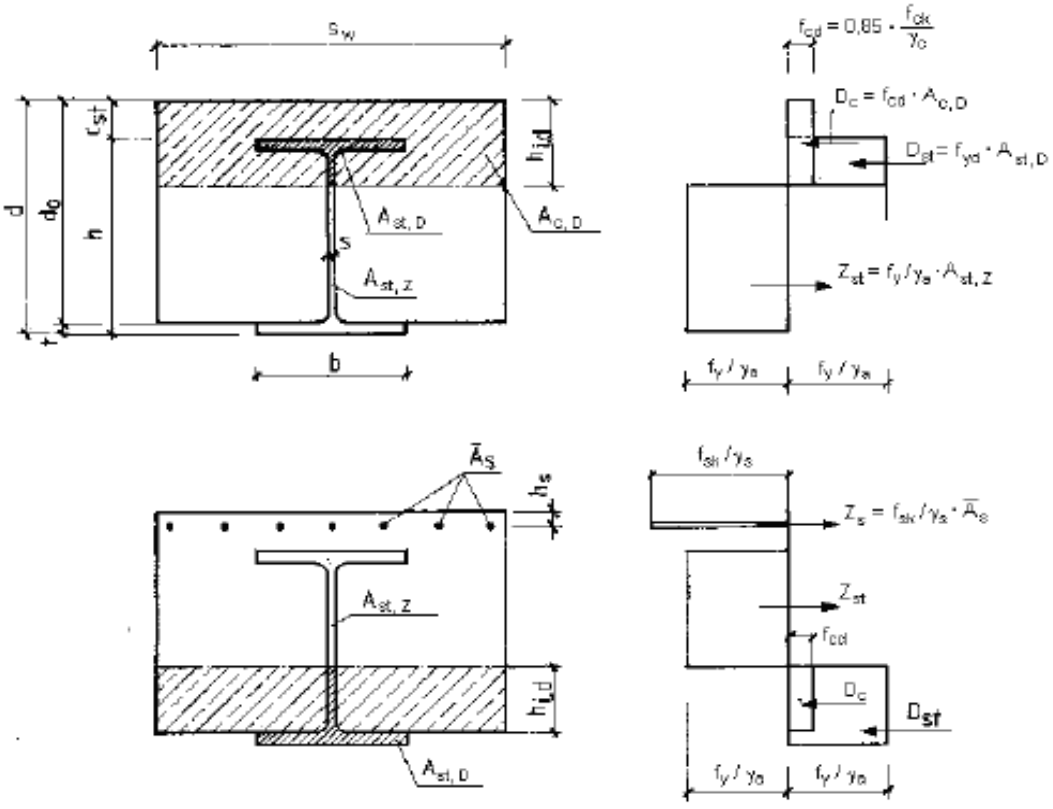
C35/45 → f_{cd}= 1.9833 kN/cm^2

α= 0.0615 β= 1.3472

S355 → f_y= 35.5 kN/cm^2

f_s= 50 kN/cm^2

$D_c = 0{,}85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot s_w \cdot h_{i,d}$	$D_c = 0{,}85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot s_w \cdot h_{i,d}$
$D_{st,\,Flan} = \left(\frac{f_y}{\gamma_a} \cdot 2 - 0{,}85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}\right) \cdot t \cdot b$	$D_{st,\,Flan} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot 2 \cdot t \cdot b$
$D_{st,\,Steg} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot 2 \cdot s \cdot (h_{i,d} - c_{st} - t)$	$D_{st,\,Steg} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot 2 \cdot s \cdot h_{i,d}$
$Z_{st,\,Träger} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot A_{st}$	$Z_{st,\,Träger} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot A_{st}$
$\alpha = \frac{f_{cd}}{(f_y / \gamma_a)}$	$\beta = \frac{(f_{sk} / \gamma_s)}{(f_y / \gamma_a)}$
7 cm $\le c_{st} \le h_{i,d} - t$ (1) $c_{st} \le h/2 \le 30$ cm (2)	7 cm $\le c_{st} \le h_{i,d} - t$ (1) $c_{st} \le h/2 \le 30$ cm (2)
$h_{i,d} = \frac{A_{st} + 2[s \cdot (c_{st} + t) - b \cdot t] + \alpha \cdot b \cdot t}{2 \cdot s + \alpha \cdot s_w}$ $\ge c_{st} + t$	$h_{i,d} = \frac{A_{st} + \bar{A}_s \cdot \beta - 2 \cdot b \cdot t}{2 \cdot s + \alpha \cdot s_w}$



set	d [cm]	A_{st} [cm^2]	$I_{t,st}$ [cm^4]	I_{st} [cm^4]	h [cm]	b [cm]	t [cm]	s [cm]	d_o [cm]	s_w [cm]	c_{st} [cm]	$\bar{A}_s$ [cm^2]	$h_{i,d}$ [cm]	A_c [cm^2]	I_c [cm^4]
1	73	226	352	141208	59	30	2.5	1.3	67.5	60	14	0	19.64	1179	37903
2	73	226	352	141208	59	30	2.5	1.3	67.5	60	14	19.64	16.30	846	21638

	Kratkotrajna opterećenja n_i= 6				
set	A_i [cm^2]	$s_{st,i}$ [cm]	$s_{c,i}$ [cm]	$s_{s,i}$ [cm]	I_i [cm^4]
1	422	23.86	9.82	0.00	295093
2	387	10.70	8.15	43.25	216811

	Dugotrajna opterećenja n_v= 18				
set	A_i [cm^2]	$s_{st,i}$ [cm]	$s_{c,i}$ [cm]	$s_{s,i}$ [cm]	I_i [cm^4]
1	291	23.86	9.82	0.00	278248
2	293	10.70	8.15	43.25	208167

Прорачун статичких утицаја спроведен је применом еластичне анализе, уз занемаривање прерасподеле статичких утицаја услед појаве прслина у бетону (СРПС ЕН 1994-2, 5.4.2.9(4)). Геометријске карактеристике попречних пресека главног носача за прорачун статичких утицаја одређене су као средња вредност крутости на савијање неиспрскалог и испрскалог пресека $E_aI_{eff}=0.5(E_aI_1+E_aI_2)$ (СРПС ЕН 1994-2, 5.4.2.3(3), 5.4.2.9(4); UIC 773, 3.4.2).

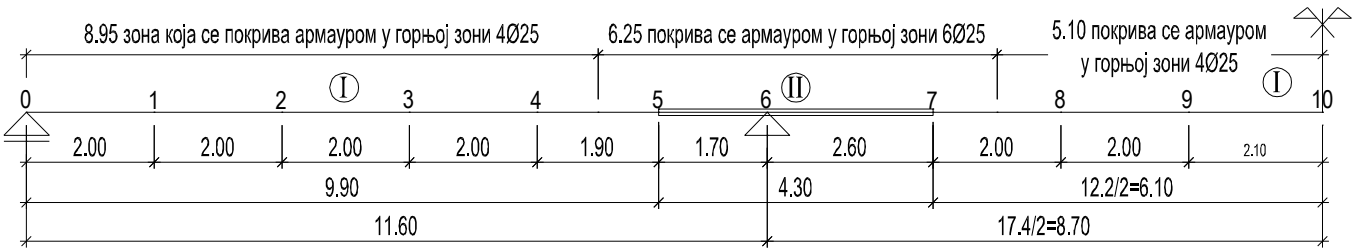
Internal forces and moments are determined by elastic analysis, neglecting redistribution of moments and internal forces due to cracking of concrete, with section property of filler beam taken as $E_aI_{eff}=0.5(E_aI_1+E_aI_2)$ (SRPS EN 1994-2, 5.4.2.3(3), 5.4.2.9(4); UIC 773, 3.4.2).

	n_i= 6	
set	$A_{i,eff}$ [m^2]	$I_{i,eff}$ [m^4]
1	0.0653	0.00354
2	0.0645	0.00315

	n_v= 18	
set	$A_{i,eff}$ [m^2]	$I_{i,eff}$ [m^4]
1	0.0368	0.00257
2	0.0379	0.00223

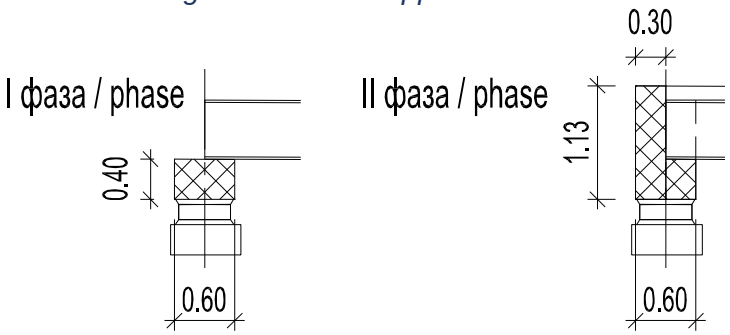
Прорачунски модел коловозне конструкције са убетонираним носачима формиран је у виду роштиљног система, при чему је торзиона крутост челичних носача занемарена, док су крутост на савијање и торзиона крутост попречних елемената, којима је моделирана бетонска плоча између челичних носача, редуковане на 50% крутости неиспрскалог бетонског пресека (СРПС ЕН 1994-2, 5.4.2.9(3)).

Filler beam deck was modeled as a plane grid with members having flexural and torsional stiffness where the torsional stiffness of the steel section is neglected, and the flexural and torsional stiffness of the transverse concrete members is 50 % of the the uncracked stiffness (SRPS EN 1994-2, 5.4.2.9(3)).



1.3.2.3 Попречни носачи / Cross girders

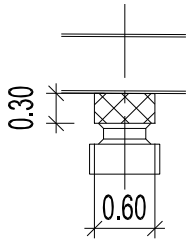
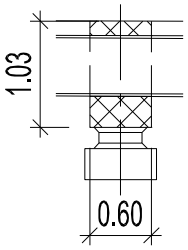
Ослоначки попречни носачи / Cross girders at end supports



Ослоначки попречни носачи у прорачунски модел унети су са стварном геометријом, према приложеној скици, и са карактеристикам материјала које одговарају бетону C35/45.

Cross girders at and supports are modeled with the actual geometry, according to the figure, and with material properties corresponding to concrete C35/45.

Средњи попречни носачи / Cross girders at mid supports

I фаза / phase	II фаза / phase
	
стварна геометрија према скици geometry according to figure карактеристике материјала одговарају бетону C35/45 material properties corresponding to concrete C35/45 Поасонов коефицијент / Poisson's ratio ν_c=0.2	стварна геометрија према скици geometry according to figure карактеристике материјала одговарају бетону C35/45 material properties corresponding to concrete C35/45 Поасонов коефицијент / Poisson's ratio ν_c=0.0 ULS Поасонов коефицијент / Poisson's ratio ν_c=0.2 SLS

Коловозна плоча између главних носача / Concrete deck as a transverse concrete member

Бетонска плоча између главних носач моделирана је као низ попречних носача, постављених на међусобном растојању од 1.0 односно 1.3m у зони средњих ослонаца. Овако формирани носачи унети су у прорачунски модел са стварном геометријом попречног пресека, али су торзиона крутост и крутост на савијање редуковане на 50% крутости неиспрскалог бетонског пресека (СРПС ЕН 1994-2, 5.4.2.9(3)).

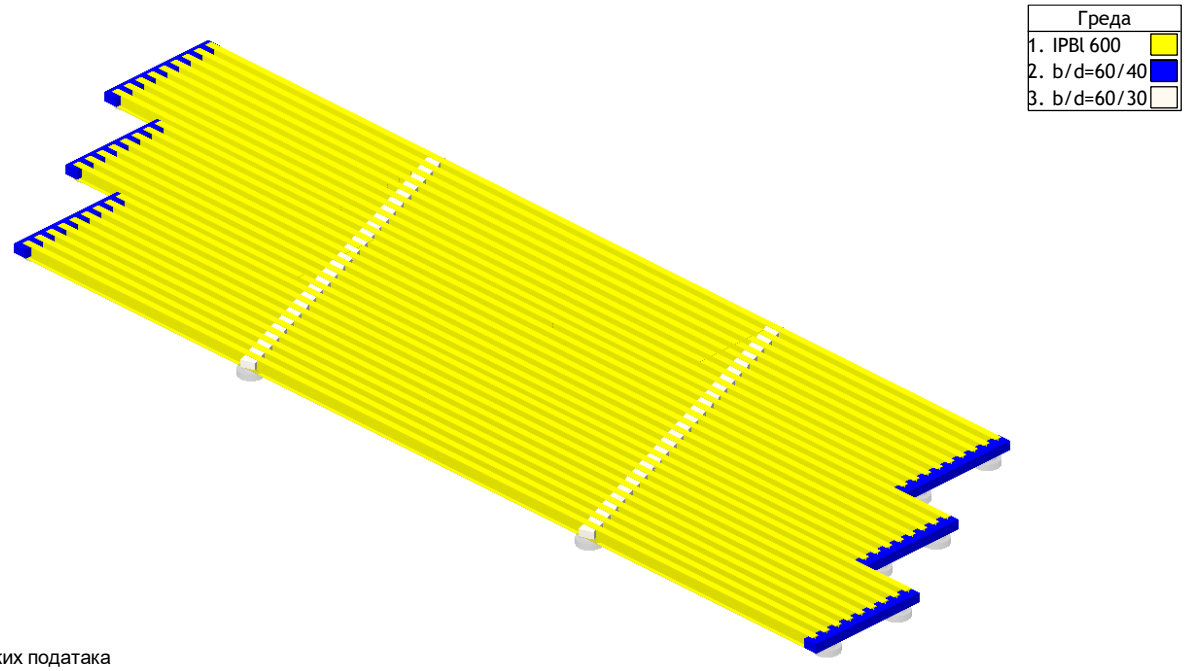
The concrete slab between the main girders was modeled as a series of transverse girders, placed at a distance of 1.0 to 1.3m from each other. These cross girders were modeled with actual geometry, and with the reduced flexural and torsional stiffness to 50% of the the uncracked stiffness (SRPS EN 1994-2, 5.4.2.9(3)).

Карактеристике материјала одговарају бетону C35/45
Material properties corresponding to concrete C35/45

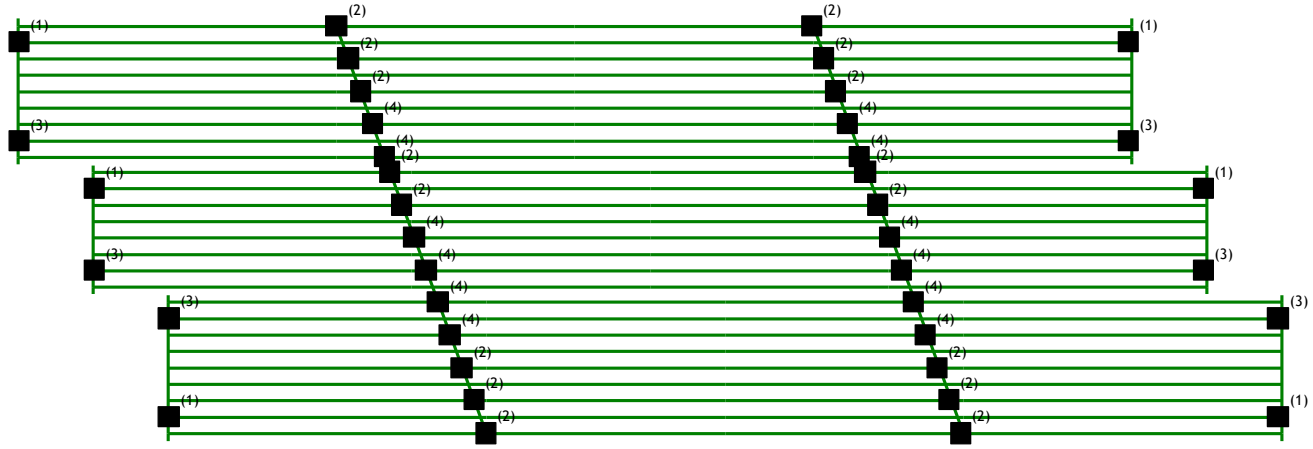
Поасонов коефицијент / Poisson's ratio ν_c=0.0 ULS
Поасонов коефицијент / Poisson's ratio ν_c=0.2 SLS

1.4 ПРОРАЧУНСКИ МОДЕЛИ КОНСТРУКЦИЈЕ / STRUCTURAL MODEL

1.4.1 I ФАЗА / I PHASE



Сетови нумеричких података
Греда (1-3)



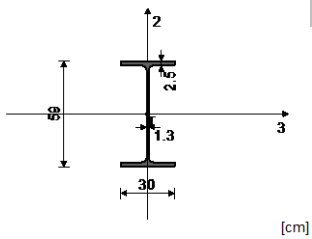
Табела материјала

No	Назив материјала	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]	αt[1/C]	Em[kN/m2]	μm
1	Celik	2.100e+8	0.30	78.50	1.000e-5	2.100e+8	0.30
2	Beton MB 45	3.500e+7	0.20	25.00	1.000e-5	3.500e+7	0.20

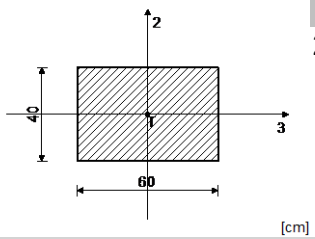
Сетови греда

Сет: 1 Пресек: IPBl 600, Фиктивна ексцентричност

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Celik	2.260e-2	9.275e-3	1.333e-2	3.990e-6	1.127e-4	1.412e-3



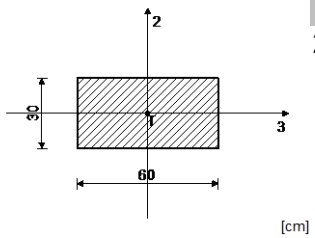
Сет: 2 Пресек: b/d=60/40, Фиктивна ексцентричност



[cm]

	Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Beton MB 45		2.400e-1	2.000e-1	2.000e-1	7.512e-3	7.200e-3	3.200e-3

Сет: 3 Пресек: b/d=60/30, Фиктивна ексцентричност



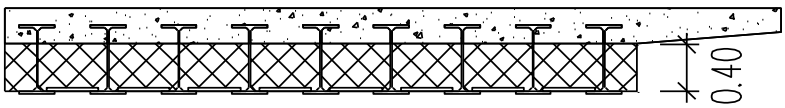
[cm]

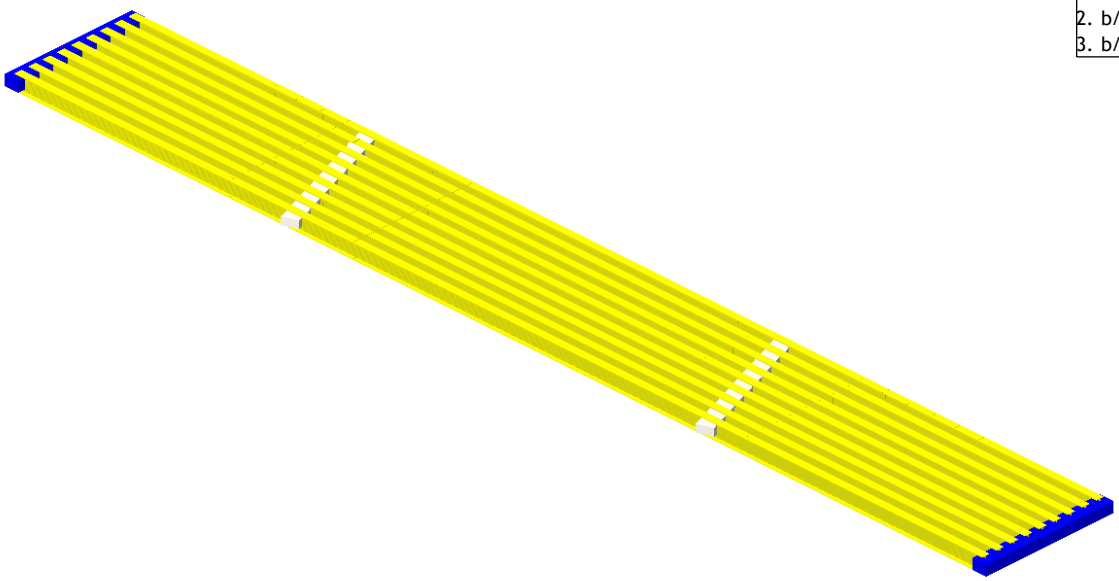
	Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Beton MB 45		1.800e-1	1.500e-1	1.500e-1	3.708e-3	5.400e-3	1.350e-3

Сетови тачкастих ослонаца

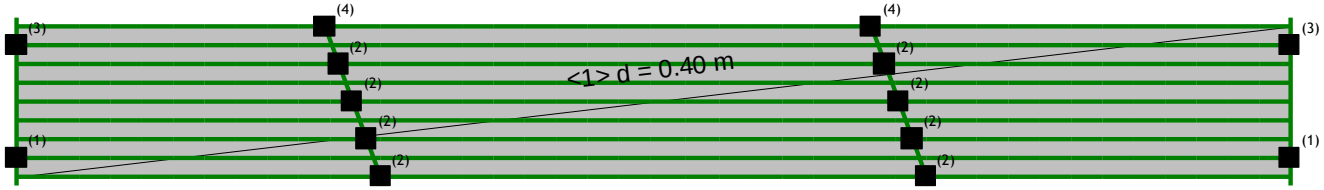
	K,R1	K,R2	K,R3	K,M1	K,M2	K,M3
1			1.000e+10			
2	1.000e+10		1.000e+10			
3		1.000e+10	1.000e+10			
4	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10			

Ивичне конструкције за тежину конзоле

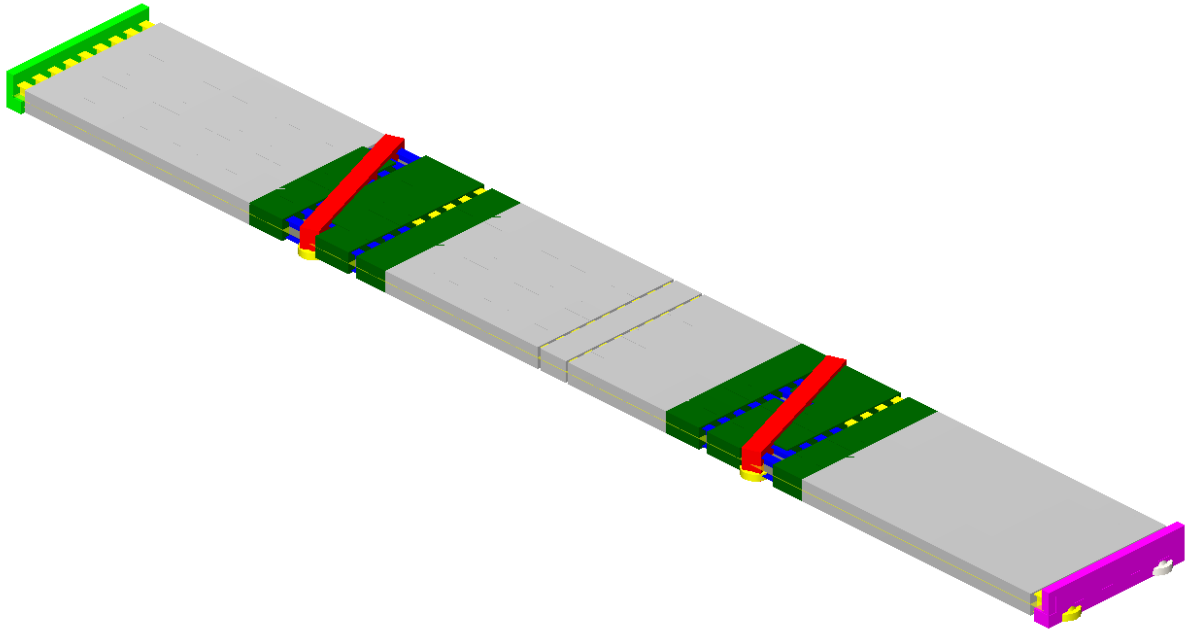




Сетови нумеричких података
Греда (1-3)

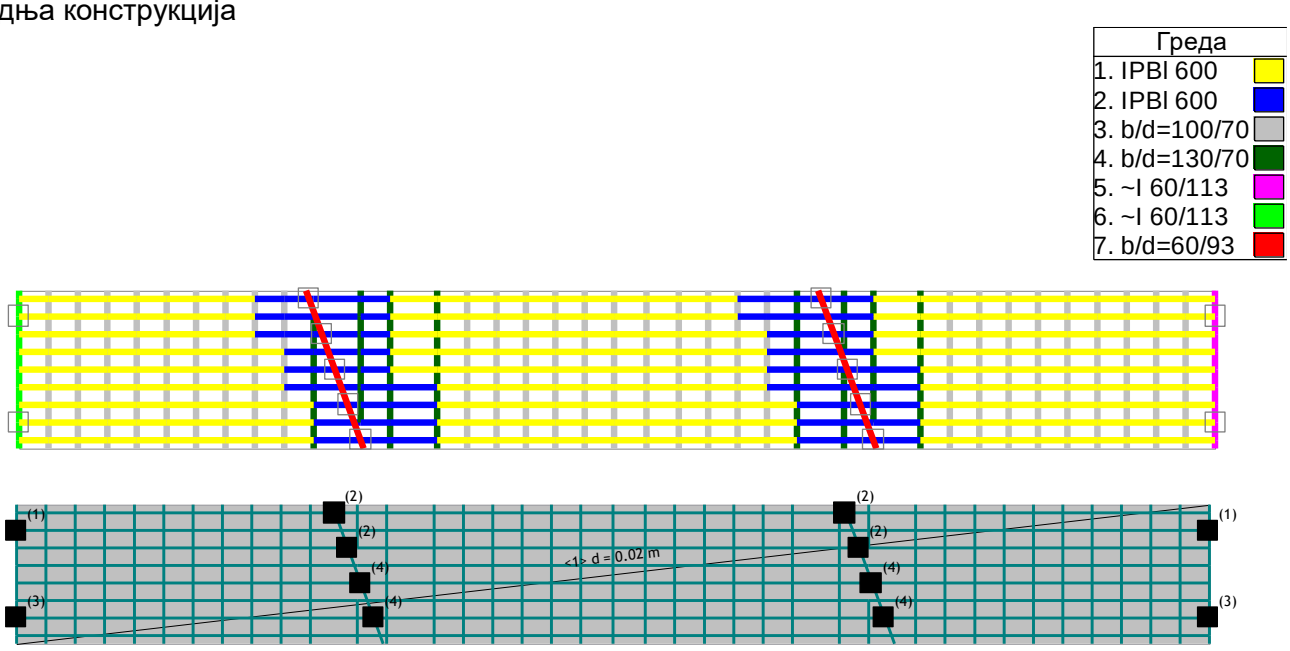


1.4.2 II ФАЗА / II PHASE

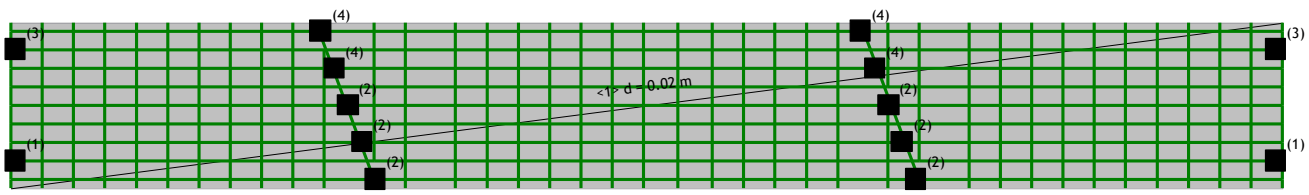


Изометрија

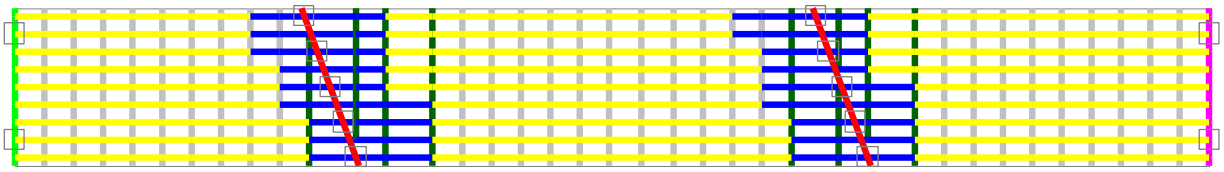
Средња конструкција



Десна конструкција



Греда
1. IPBl 600
2. IPBl 600
3. b/d=100/70
4. b/d=130/70
5. ~I 60/113
6. ~I 60/113
7. b/d=60/93



Табела материјала

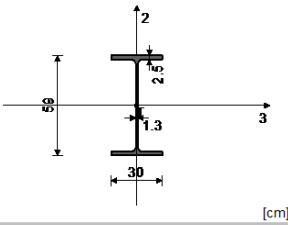
No	Назив материјала	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]	αt[1/C]	Em[kN/m2]	μm
1	Beton MB 45	3.500e+7	0.00	0.00	1.000e-5	3.500e+7	0.20
2	Celik	2.100e+8	0.30	78.50	1.000e-5	2.100e+8	0.30
3	Beton MB 45	3.500e+7	0.20	25.00	1.000e-5	3.500e+7	0.20

Сетови плоча

No	d[m]	e[m]	Материјал	Тип прорачуна	Ортотропија	E2[kN/m2]	G[kN/m2]	α
<1>	0.020	0.010	1	Танка плоча	Изотропна			

Сетови греда – карактеристике штапова главног носача за n_v=18

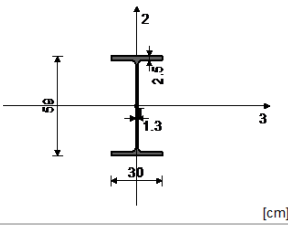
Сет: 1 Пресек: IPBl 600, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Celik	3.680e-2	9.275e-3	1.333e-2	3.990e-10	1.127e-4	2.570e-3

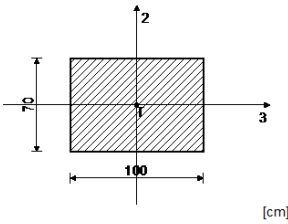
Сет: 2 Пресек: IPBl 600, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Celik	3.790e-2	9.275e-3	1.333e-2	3.990e-10	1.127e-4	2.230e-3

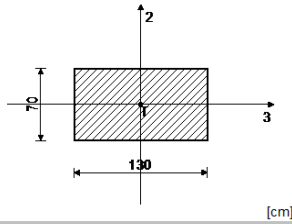
Сет: 3 Пресек: b/d=100/70, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Beton MB 45	3.500e-1	5.833e-2	5.833e-2	3.246e-2	2.917e-2	1.429e-2

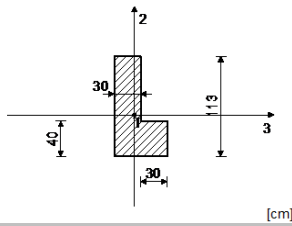
Сет: 4 Пресек: b/d=130/70, Фиктивна ексцентричност



[cm]

	Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Beton MB 45		4.550e-1	7.583e-1	7.583e-1	4.928e-2	6.408e-2	1.858e-2

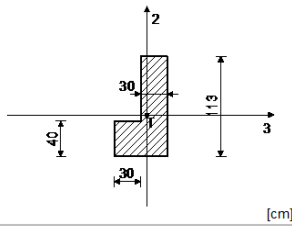
Сет: 5 Пресек: ~I 60/113, Фиктивна ексцентричност



[cm]

	Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
3 - Beton MB 45		4.590e-1	3.337e-1	3.344e-1	1.937e-2	1.142e-2	4.948e-2

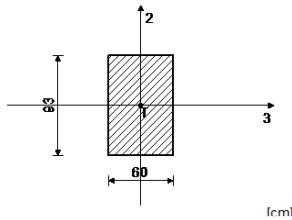
Сет: 6 Пресек: ~I 60/113, Фиктивна ексцентричност



[cm]

	Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
3 - Beton MB 45		4.590e-1	3.337e-1	3.344e-1	1.937e-2	1.142e-2	4.948e-2

Сет: 7 Пресек: b/d=60/93, Фиктивна ексцентричност

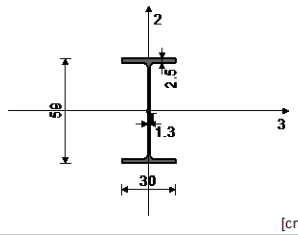


[cm]

	Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Beton MB 45		5.580e-1	4.650e-1	4.650e-1	4.014e-2	1.674e-2	4.022e-2

Сетови греда – карактеристике штапова главног носача за n_i=6

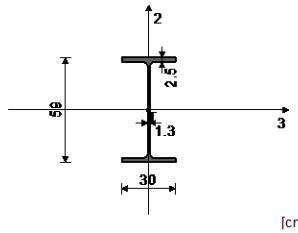
Сет: 1 Пресек: IPBl 600, Фиктивна ексцентричност



[cm]

	Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Celik		6.530e-2	9.275e-3	1.333e-2	3.990e-10	1.127e-4	3.540e-3

Сет: 2 Пресек: IPBl 600, Фиктивна ексцентричност



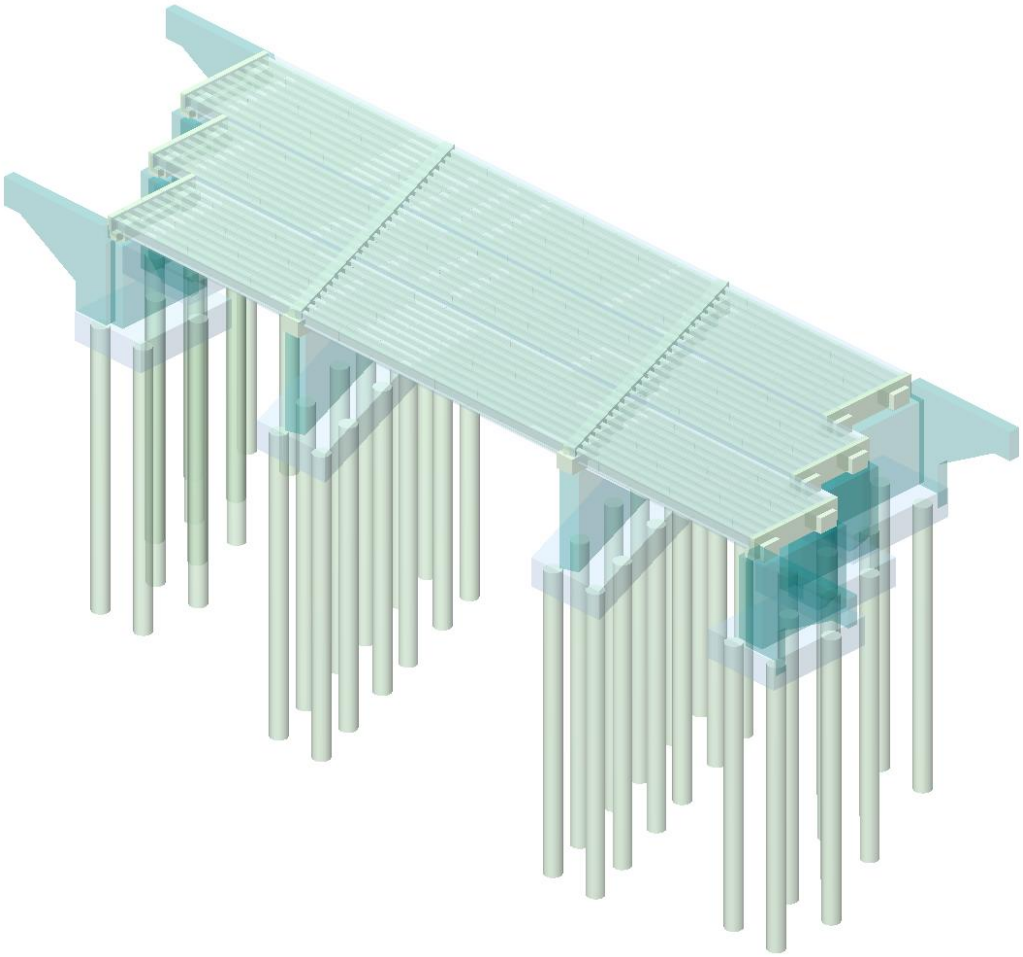
[cm]

	Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Celik		6.450e-2	9.275e-3	1.333e-2	3.990e-10	1.127e-4	3.150e-3

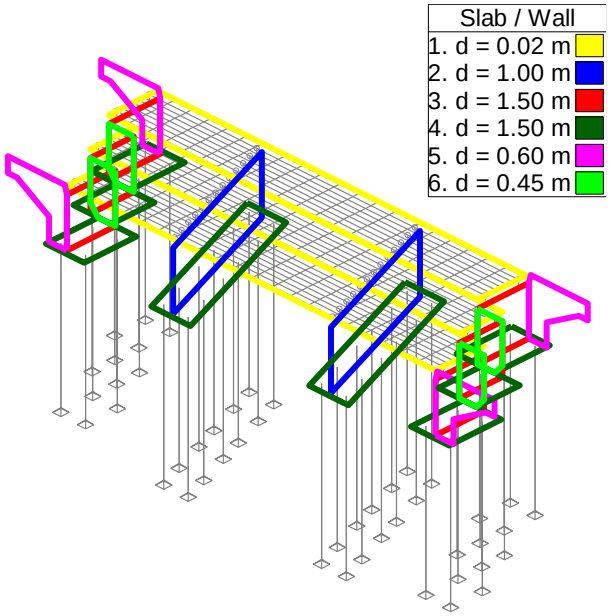
Сетови тачкастих ослонаца

	K,R1	K,R2	K,R3	K,M1	K,M2	K,M3
1			1.000e+10			
2	1.000e+10		1.000e+10			
3		1.000e+10	1.000e+10			
4	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10			

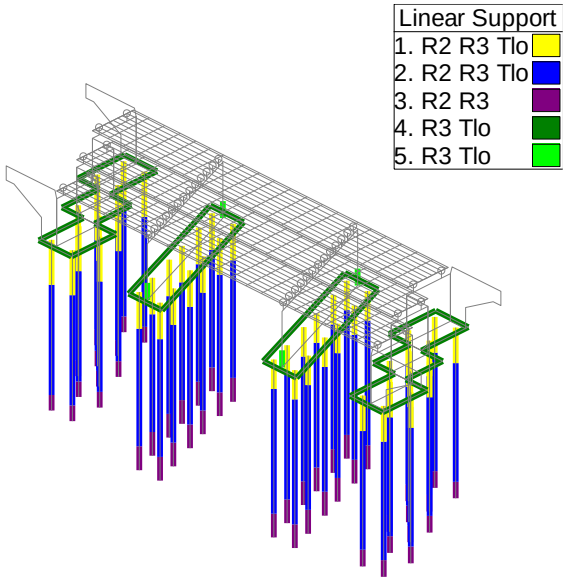
1.4.3 Просторни модел за анализу стубова и модалну анализу конструкције / FE model for global analysis



Isometric



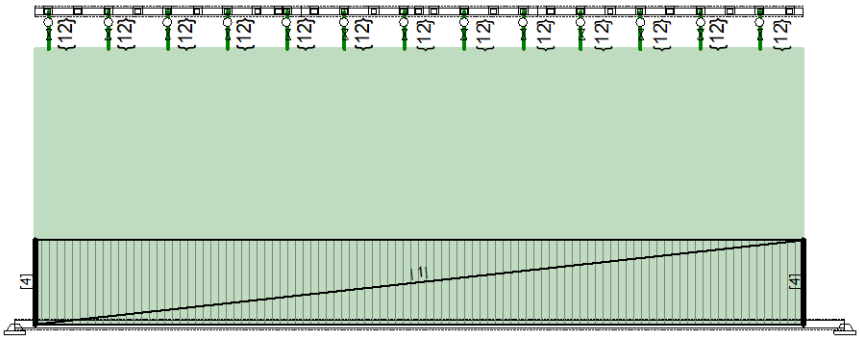
Numerical data set
Slab / Wall (1-6)



Numerical data set
Linear Support (1-5)

Slab sets

No	t[m]	e[m]	Material	Analysis type	Orthotropy	E2[kN/m2]	G[kN/m2]	α	γ[kN/m3]
<1>	0.020	0.010	Beton MB 45	Thin slab	Isotrophy				0.001
<2>	1.000	0.500	Beton MB 40	Thin slab	Isotrophy				25.00
<3>	1.500	0.750	Beton MB 40	Thin slab	Isotrophy				25.00
<4>	1.500	0.750	Beton MB 30	Thin slab	Isotrophy				25.00
<5>	0.600	0.300	Beton MB 40	Thin slab	Isotrophy				25.00
<6>	0.450	0.225	Beton MB 40	Thin slab	Isotrophy				25.00



Frame: K_1

Реактивни отпор тла моделиран је према подацима о параметрима тла из Геотехничког елабората, који су приказани у поглављу 10.

Reactive soil resistance was modeled according to the data on soil parameters from the Geotechnical Study, shown in Chapter 10.

Area support sets

Set	K,R1	K,R2	K,R3
1	4.782e+3		

Linear support sets

Set	K,R1	K,R2	K,R3	K,M1	Soil [m]
1		8.160e+3	8.160e+3		0.900
2		1.719e+4	1.719e+4		0.900
3		2.721e+4	2.721e+4		0.900
4			4.782e+3		1.500
5			4.782e+3		1.000

Point support sets

	K,R1	K,R2	K,R3	K,M1	K,M2	K,M3
1			3.240e+5			

2 АНАЛИЗА ОПТЕРЕЋЕЊА / ACTIONS

2.1 СТАЛНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ / PERMANENT LOADS

2.1.1 Сопствена тежина конструкције / Self-weight $G_{k,1}$

2.1.1.1 Тежина коловозне конструкције / Deck weight

Утицаји од сопствене тежине коловозне конструкције срачунати су у сагласности са предвиђеним начином изградње:

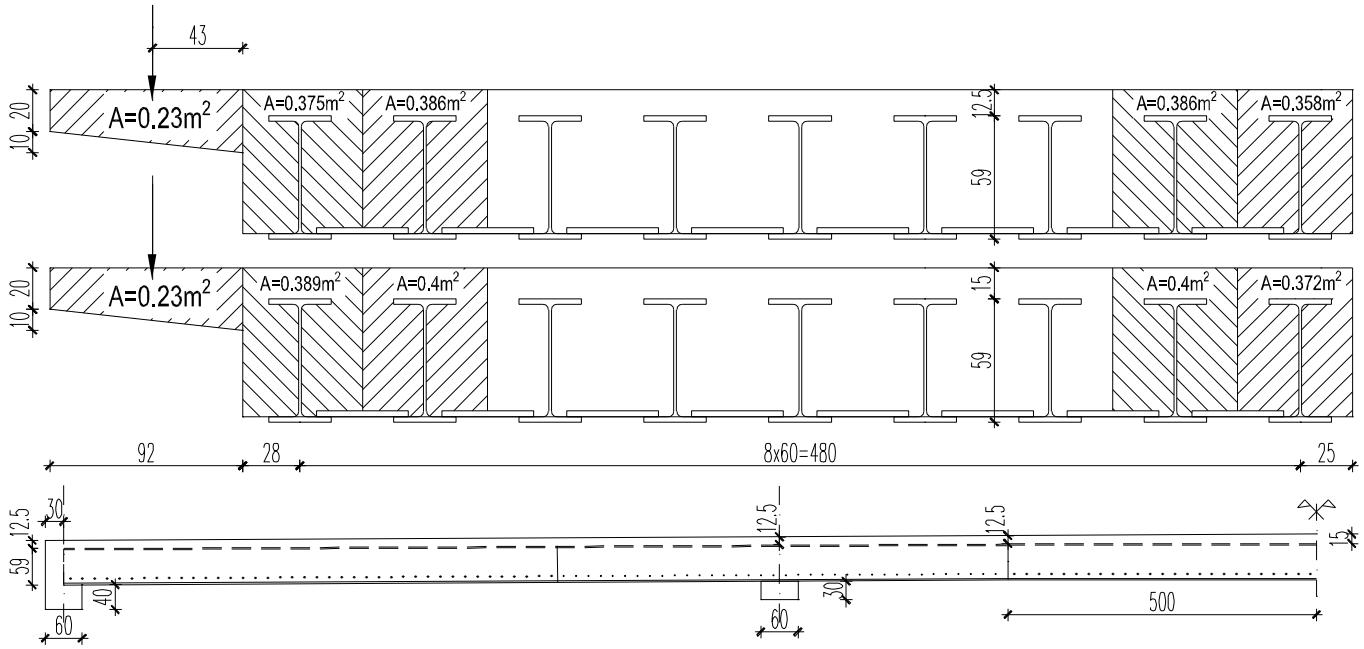
Сопствена тежина ваљаних HEA 600 носача обухваћена је истоименом командом у оквиру програмског пакета за прорачун статичких утицаја. Запреминска тежина челичног материјала задате је са вредношћу γ=78.5kN/m^3 (СРПС ЕН 1991-1-1, Табела А.4).

Ваљани челични носачи прихватају тежину свежег бетона. Запреминска тежина свежег бетона γ=25KN/m^3.

Forces due to self-weight of the deck is calculated in accordance with the construction phases.

Self-weight of HEA 600 rolled section is included with the self-weight command. The density of the structural steel is taken as γ=78.5kN/m^3 (SRPS EN 1991-1-1, Table A.4).

Steel rolled sections accept the weight of fresh concrete. Density of a fresh concrete taken as γ=25KN/m^3.



Носач	коловозна плоча γ=25kN/m^3							ослоначки ПН		
	A [m^2]	g	A [m^2]	g	jed. mer.	m_t	jed. mer.	A [m^2]	G_{PN}	jed. mer.
конзола	0,23	5,75	0,23	5,75	kN/m	2,47	kNm/m	0,22	5,50	kN/m
ивични носач	0,375	9,38	0,389	9,73	kN/m					
средњи носач	0,386	9,65	0,400	10,00	kN/m					
носач уз подужну дил.	0,358	8,95	0,372	9,30	kN/m					

2.1.1.2 Сопствена тежина стубова

Сопствена тежина стубова, крилних зидова и наглавних греда обухваћена је истоименом командом у оквиру програмског пакета за прорачун статичких утицаја. Елементи доњег строја унету су у прорачунски модел са стварном геометријом и димензијама, према приложеној диспозицији, и запреминском тежином бетона од γ=25KN/m^3.

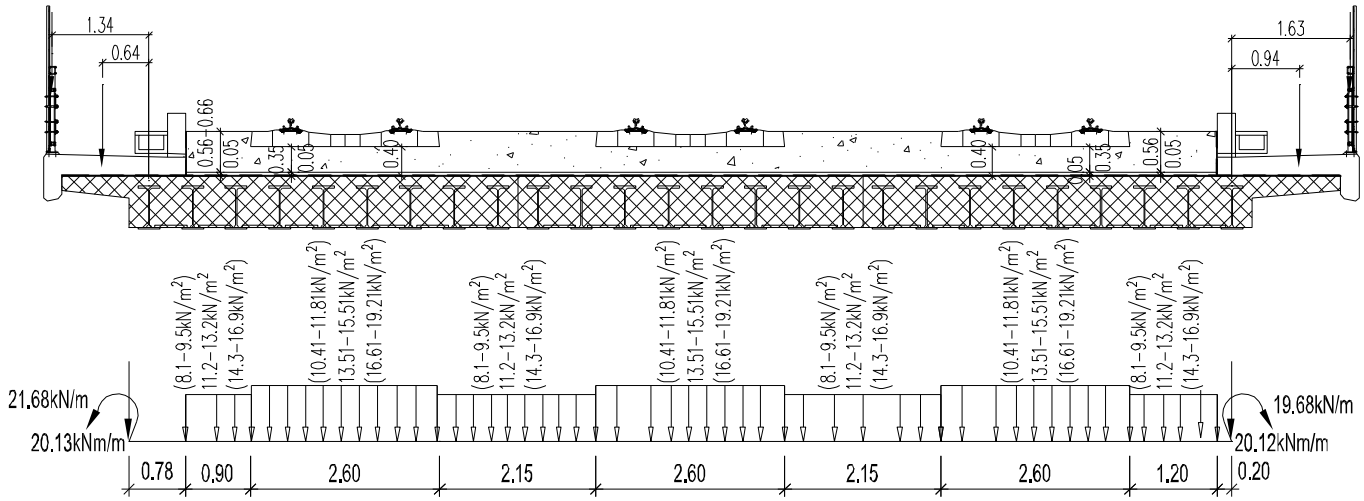
Self-weight of a substructure included with the the self-weight comand. The elements are modeled according to the actual geometry and dimensions, density of concrete is taken as equal to γ=25KN/m^3.

2.1.2 Стални терет на мосту / Dead load $G_{k,2}$

Тежине елемената колосека као и запреминска тежина материјала усвојене су у складу са СРПС ЕН 1991-1-1, Табеле А.1 и А.6.

Анализа утицаја услед сталног терета извршена је у складу са фазама извођења конструкције. Утицаји услед сталног терета прихватају убетонирани носачи.

The weight of the track elements and the density of the material adopted according to the SRPS EN 1991-1-1, Tables A.1 and A.6.



Елемент саобраћајног профила	Дебљина елемента [m]	Y [kN/m^3]	Тежина [kN/m']	на ширини [m]	Тежина [kN/m^2]
Шине и колосечни прибор			1,20	2,60	0,46
Преднапрегнути бетонски прагови			4,80	2,60	1,85
Коловозни застор (умањено за прагове)	0.51-0,61	20,0		4,75	10.2 - 12.2
	увећање за 30% (СРПС ЕН 1991-1-1, 5.2.3)				13.3 - 15.9
	умањење за 30% (СРПС ЕН 1991-1-1, 5.2.3)				7.1 - 8.5
Еластомерни тепих d=4cm	0,04	20,0		4,75	0,80
Хидроизолација d=1cm	0,01	20,0		4,75	0,20
Елементи ревизионе стазе	Површина елемента [m^2]	Y [kN/m^3]	Тежина [kN/m']	екс. [m]	Моменат [kNm/m']
Површина АБ ревизионе стазе m^2	0,787	25,0	19,68	0,94	18,49
Каналица и инсталације			1,00	0,00	0,00
Челична ограда			1,00	1,64	1,64
			g= 21,68	m= 20,13	

2.1.3 Скупљање и течење / Creep and shrinkage S

Ефекти течења узети су у обзир кроз различите односе модула еластичности за краткотрајна и дуготрајна оптерећења.

Effects of creep is taken into account through different modular ratio n_i for short-term and n_v for long-term loading.

Односи модула еластичности за краткотрајна оптерећења (UIC 773, 2.4.2; Ril 804, 4302, 2(2)):

$$n_i = 6$$

Односи модула еластичности за дуготрајна оптерећења (UIC 773, 2.4.2; Ril 804, 4302, 2(2)):

$$n_v = 18$$

Ефекти скупљања бетона, код убетонираних носача могу се занемарити, изузев код прорачуна деформација (СРПС ЕН 1994-2, 5.4.2.9(6); UIC 773, 2.5).

The effects of shrinkage of concrete may be neglected, except for the determination of deformations (SRPS EN 1994-2, 5.4.2.9(6); UIC 773, 2.5).

Дилатација скупљања (СРПС ЕН 1992-1-1, 3.1.4) / Shrinkage strain (SRPS EN 1992-1-1, 3.1.4).

Носач / Deck	f_{cm}	f_{cm0}	f_{ck}	β_{RH}	RH	α_{ds1}	α_{ds2}	$\varepsilon_{cd,0}$	h_0	k_h	$\beta_{ds}(\infty,t_s)$	$\varepsilon_{cd}(\infty)$	$\varepsilon_{ca}(\infty)$	$\varepsilon_{cs}(\infty)$
	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[%]	[-]	[-]	[‰]	[mm]	[-]	[-]	[‰]	[‰]	[‰]
C 35/37	43.0	10	35	0.756	80	4	0.12	0.253	613	0.700	1.000	0.177	0.063	0.240

У даљој анализи занемариће се ефекти сопственог скупљања $\varepsilon_{cs,\infty}$=0.240-0.063=0.177‰.

The effects of autogenous shrinkage are neglected $\varepsilon_{cs,\infty}$=0.240-0.063=0.177‰.

Ефекти изазвани дилатацијом скупљња, у прорачунском моделу анализирани су посредством одговарајуће равномерне температурне промене, услед које се у конструкцији јављају исте дилатације.

The effects caused by the dilation of the shrinkage were analyzed in the calculation model by means of an appropriate uniform temperature change, due to which the same dilatations occur in the structure.

$$T_S = \frac{\varepsilon_{cs,\infty}}{\alpha} = \frac{0.177 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-5}} = -17.7°C$$

2.1.4 Стални вертикални притисак од земље (тежина земље) $G_{k,3}$

Тежина тла на насипу иза крилних зидова / Gravel wedge backfill $G_{ert,1}=6\cdot20=120kN/m^2$

Тежина тла на насипу са предње стране стуба / Soil backfill on abutments $G_{ert,2}=1\cdot19=19kN/m^2$

Тежина тла на насипу код средњих стубова / Soil backfill on piers $G_{ert,2}=0.5\cdot19=9.5kN/m^2$

2.1.5 Притисак тла / Earth pressure E_d

Хоризонтални притисци тла одређени су у складу са одредбама стандарда СРПС ЕН 1997-1 односно СРПС ЕН 1997-1/НА.

Horizontal earth pressure determined in accordance with the provisions of SRPS EN 1997-1 and SRPS EN 1997-1 / NA.

Висина обалног стуба	H=5.80 m	Парцијални фактор за ефективни угао унутрашњег трења γ_{φ}'=1.0 (M1)
Запреминска тежина земље	γ=20 kN/m^3	Тежина застора на насипу 0.71·20=14.2kN/m^2
Угао унутрашњег трења насипа	$\varphi' = 35°$	
Угао нагиба	β=0	
Површине премазане битуменом	δ=0	

Активни притисак тла:

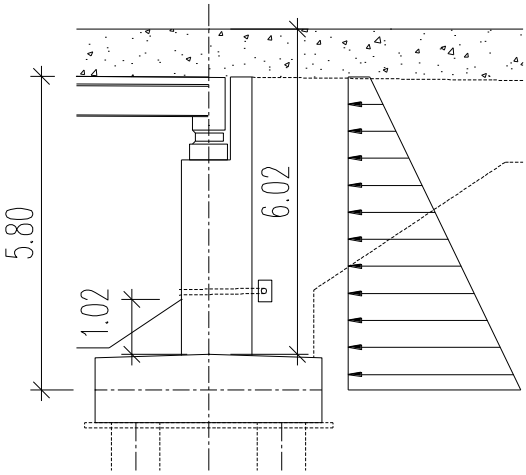
Насип $\mathbf{p_{ah}=K_{ah}\cdot\gamma\cdot H= \tan^2(45-\varphi'/2)\cdot14.2 = 0.27\cdot14.2=4kN/m^2}$

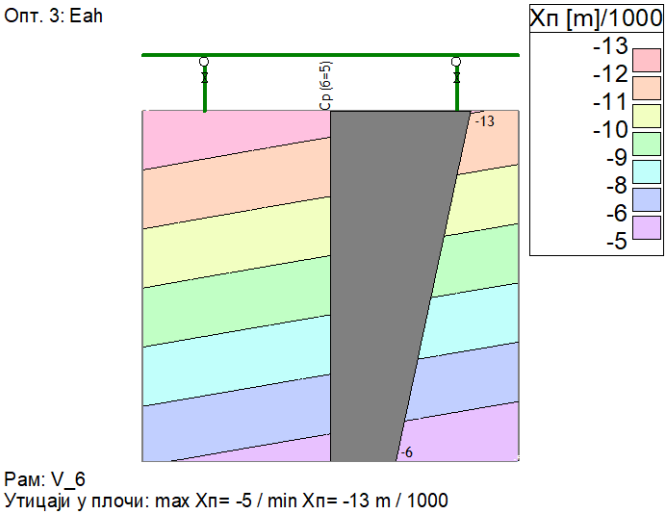
$\mathbf{p_{ah}=K_{ah}\cdot\gamma\cdot H= \tan^2(45-\varphi'/2)\cdot20\cdot5.8 = 0.27\cdot116=32kN/m^2}$

Притисак тла у миру:

Насип $p_0= K_0\cdot\gamma\cdot H= (1-\sin\varphi')\cdot14.2 = 0.426\cdot14.2=6kN/m^2$

$p_0= K_0\cdot\gamma\cdot H= (1-\sin\varphi')\cdot20\cdot5.8 = 0.426\cdot116=49kN/m^2$





v/h=(13-6)mm/5m= 0.2%< 0.14% <0.1% - за некохезивна збијена тла ангажује се активни притисак тла (СРПС ЕН 1997-1, Табела Ц.1).

v/h=(13-6)mm/5m = 0.2% < 0.14% < 0.1% - for non-cohesive, densed soil it is mobilised effective active earth pressure (SRPS EN 1997-1, Table C.1).

2.2 ПРОМЕНЉИВА ОПТЕРЕЋЕЊА / TRAFFIC LOADS

Меродавне шеме железничког саобраћајног оптерећења усвојене су према стандарду СРПС ЕН 1991-2, поглавље 6.

Класификоване вредности железничког саобраћајног оптерећења одређену су са вредношћу коефицијента α=1.21 (СРПС ЕН 1991-2/НА, Тачка 2.51).

Rail traffic actions are defined with load models according to the SRPS EN 1991-2, Chapter 6.

The classified value of loadc are determined with the value of the coefficient α=1.21 (SRPS EN 1991-2 / NA, Clause 2.51).

2.2.1 Вертикално саобраћајно оптерећење / Vertical traffic loads $Q_{v,1}$

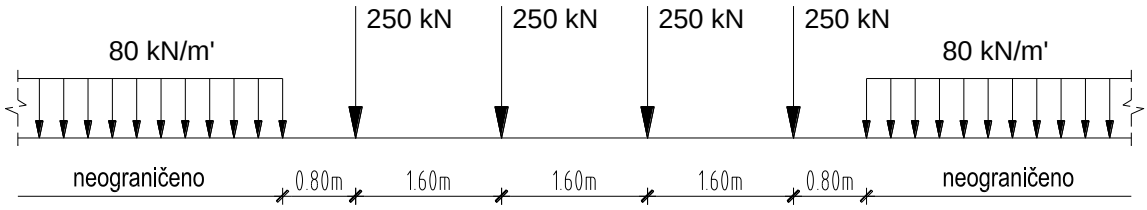
2.2.1.1 Шема оптерећења / Load model LM71

За анализу статички утицаји услед железничког саобраћаја на пругама нормалног колосека (СРПС ЕН 1991-2, 6.3.2) као и за анализу замора (СРПС ЕН 1993-2, 9.2.3).

Множи се коефицијентом α.и коефицијентом динамичности Φ_3.

Load Model 71 represents the static effect of vertical loading due to normal rail traffic (SRPS EN 1991-2, 6.3.2) and for the fatigue assessment (СРПС ЕН 1993-2, 9.2.3).

It is multiplied by the coefficient α.and the dynamic factor Φ3.



2.2.1.2 Шема оптерећења / Load model SW/0

За конструкције система континуалне греде (СРПС ЕН 1991-2, 6.3.3(1)).

Множи се коефицијентом α.и коефицијентом динамичности Φ_3.

Load Model SW/0 for continuous beams (SRPS EN 1991-2, 6.3.3(1)).

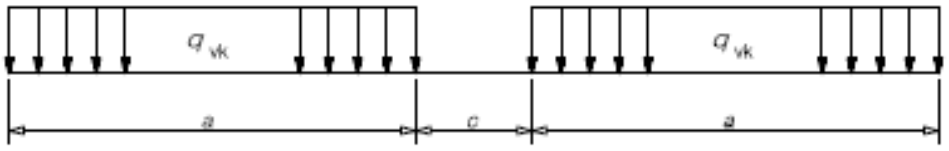
It is multiplied by the coefficient α and the dynamic factor Φ3.

2.2.1.3 Шема оптерећења / Load model SW/2

Статички утицај услед тешког железничког саобраћаја (СРПС ЕН 1991-2, 6.3.3(2)).

Не множи се коефицијентом α.као ни коефицијентом динамичности Φ_3.

Load Model SW/2 represents the static effect due to heavy rail traffic (SRPS EN 1991-2, 6.3.3(2)).



Load Model	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

2.2.1.4 Шема оптерећења „празни вагони“ / Load Model “unloaded train” $q_{v,2}$

Шема оптерећења “празни вагони” усвојена је као вертикално расподељено оптерећење q_{kv}=10.0kN/m (СРПС ЕН 1991-2, 6.3.4).

The Load Model “unloaded train” consists of a vertical uniformly distributed load with a characteristic value of q_{kv}=10.0kN/m (SRPS EN 1991-2, 6.3.4).

2.2.1.5 Ексцентрицитет вертикалног саобраћајног оптерећења / Eccentricity of vertical loads

За мостове у правцу према поглављу 6.3.5 стандарда СРПС ЕН 1991-2.

$e = 150/18 = 8.33cm$ усваја се $e = \pm 8cm$

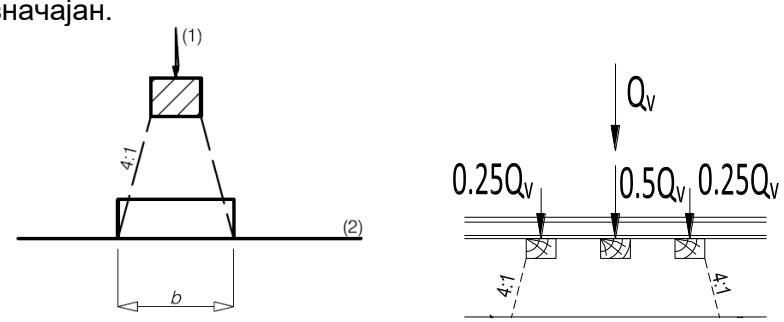
For tracks in direction according to chapter 6.3.5 of SRPS EN 1991-2.

$e = 150/18 = 8.33cm$ adopted $e = \pm 8cm$

2.2.1.6 Подужна и попречна расподела вертикалног оптерећења / Distribution of axle loads

Према ЕН 1991-2, 6.3.6.1(1) допушта се расподела концетрисане силе од точка на два суседна прага, посредством шине.

Подужно распростирање саобраћајног оптерећења кроз прагове и коловозни застор сходно СРПС ЕН 1991-2, 6.3.6.2(1) може се извршити, изузев код елемента где је ефекат концентрисаног оптерећења значајан.



Код конструкција са коловозним застором може се ићи на попречну прерасподелу саобраћајног оптерећења према СРПС ЕН 1991-2, 6.3.6.3(1).

Попречну прерасподела кроз прагове и застор могућа је у случају убетонираних носача извршити само у оквиру ширине b, унутар које се може извршити равномерна расподела саобраћајног оптерећење на носаче (Ril 804.4302, 2) За распон L>5m, b=5m.

Longitudinal and transverse distribution of load by the rails, sleepers and ballast carried out according to SRPS EN 1991-2, 6.3.6 as shown in Chapter 2.2.4 of this analysis.

Transverse distribution in the case of the filler beam is posibl only within the width b, within which an even distribution of traffic load on the girders can be made (Ril 804.4302, 2). For the span L> 5m, b = 5m.

2.2.1.7 Еквивалентно оптерећење за притисак земље / Equivalent vertical loading for earth pressure $\Delta E_{d,Qvk}$

Еквивалентно саобраћајно оптерећење за прорачун притисака земље на обалне стубове, сходно поглављу 6.3.6.4 стандарда СРПС ЕН 1991-2, може се узети као једнако подељено оптерећење које делује на ширини од 3m:

Уместо једнако подељеног оптерећења $1.21 \cdot 80 / 3 = 32.3kN / m^2$

Уместо концентрисаних сила $1.21 \cdot 4 \cdot 250 / 6.4 \cdot 3 = 63kN / m^2$ - меродавно за прорачун парапетног зида на опорцима

За активно стање → $\Delta p_{ah,Qv} = 0.27 \cdot 32.3 = 8.72 kN/m^2$

For global effects, the equivalent characteristic vertical loading, due to rail traffic actions, for calculation of earth pressure defined in accordance with SRPS EN 1991-2, 6.3.6.4.

Instead of concentrated forces $1.21 \cdot 4 \cdot 250 / 6.4 \cdot 3 = 63 kN/m^2$ - relevant for the analysis of soil pressure on the parapet wall at abutments

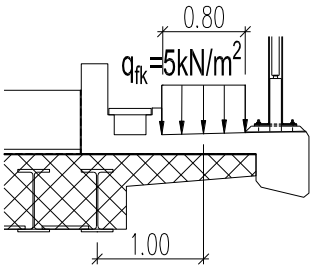
Instead of an equally distributed load $1.21 \cdot 80 / 3 = 32.3 kN/m^2$

For active earth pressure → $\Delta p_{ah,Qv} = 0.27 \cdot 32.3 = 8.72 kN/m^2$

2.2.1.8 Корисно оптерећење на ревизионим стазама q_{fk}

Оптерећења на ревизионим стазама усвојено је сходно поглављу 6.3.7 стандарда СРПС ЕН 1991-2, као ревномерно распоређено површинско оптерећење од q_{fk}=5kN/m^2 по целој ширини стазе, а ван габарита вертикалног оптерећења.

За димензионисање локалних елемената стазе, концентрисано вертикално оптерећење Q_k=2kN у најнеповољнијем положају. Хоризонтална сила на ограду 1kN/m која се преноси на парапетне зидове канала за инсталације.



Ово оптерећење меродавно је само за димензионисање конзола ревизионе стазе.

Uniformly distributed load with a characteristic value fk q = 5 kN/m², and for the design of local elements a concentrated load Qk = 2,0 kN acting alone should be taken into account. (SRPS EN 1991-2, 6.3.7)

Horizontal forces on parapets, partition walls and barriers due to persons should be taken as category B and C1 of EN 1991-1-1. Adopted 1kN/m.
This load is only relevant for control of the deck cantilever.

2.2.2 Динамички ефекти / Dynamic effects

Како је брзина на предметној локацији v≤200km/h, а конструкција система континуалне греде, то се динамички ефекти саобраћајног оптерећења уводе у прорачун мултиплицирањем статичких утицаја динамичким коефицијентом (СРПС ЕН 1991-2, 6.4.4, слика 6.9).

Динамички коефицијент Φ_3 за шеме оптерећења LM71, SW/0 и SW/2 према СРПС ЕН 1991-2, 6.4.5.2:

$$1 \le \Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\Phi} - 0.2} + 0.73 \le 2$$ за standardno održavanje šina.

Сходно одредбама стандарда СРПС ЕН 1993-2, Поглавље 9.2.3 за анализу замора према поједностављеном поступку користи се динамички коефицијент Φ_2.

Сходно одредбама стандарда СРПС ЕН 1992-2, Аннех НН, Поглавље НН3 за анализу замора према поједностављеном поступку користи се динамички коефицијент Φ_3.

При прорачуну попречне арматуре у коловозној плочи за динамички коефицијент у том случају може се узети вредност Φ=1.3, одступајући од СРПС ЕН 1991-2, табела 6.2 (Ril 804, 803.4302, 3 (1)).

As the speed at the subject location is v≤200km/h, and it is the continuous beam structure, the results of the static analysis are multiplied by the dynamic factor (SRPS EN 1991-2, 6.4.4, Figure 6.9).

The dynamic factor Φ3 shall be taken for enhancing the static load effects under Load Models 71, SW/0 and SW/2 (SRPS EN 1991-2, 6.4.5.2).

For the fatigue assessment the characteristic values for load model 71 should be multiplied by the dynamic factor Φ_2 (SRPS EN 1993-2, 9.2.3).

For the transverse reinforcement in the deck slab the value Φ = 1.3 for the dynamic factor can be used, (Ril 804, 803.4302, 3 (1)).

За главни носач континуалног система

Распони	L_m [m]	k	L_Φ [m]
L=2x11.6+17.4	13,53	1,3	17,589

Табеларни преглед динамичких коефицијената:

Елемент консрукције	СРПС ЕН 1991-2		
	L_Φ [m]	Φ_3	Φ_2
Коловозна плоча	Ril 804	1,300	1,300
Ослоначки ПН	3,6	2,003	1,668
Главни носач	17,589	1,271	1,181
Лежишта	17,589	1,271	1,181

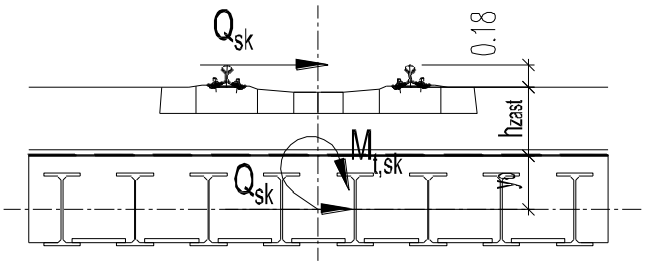
2.2.3 Хоризонталне силе услед саобраћајног оптерећења / Horizontal forces due to traffic load

2.2.3.1 Сила бочног удара / Centrifugal force Q_{sk}

Сила бочног удара узима се као сила Q_{sk}=100kN (СРПС ЕН 1991-2, 6.5.2) која делује у равни горње ивице шине, управно на осу колосека. Не множи се коефицијентом динамичности Φ_3, али се множи коефицијентом α. Увек се комбинује са вертикалним саобраћајним оптерећењем и алтернативног је знака.

The nosing force shall be taken as a concentrated force Q_{sk}=100kN acting horizontally, at the top of the rail and it should be always combined with a vertical traffic load. It is not multiplied by the factor Φ_3 or by the factor f, but it should be multiplied by the factor α.

Q_{sk}=1.21·100=121 kN
$M_{sk,t}$= Q_{sk} ·(y_0+h_{zast}+18)
$M_{sk,t}$= 121·(0.4+0.60+0.18)=121·1.18=143kNm



2.2.3.2 Силе од кочења и покретања воза Q_{lak} ,Q_{lbk}

Силе од кочења и покретања воза делују у равни горње ивице шине, у правцу осе колосека, а у смеру кретања воза на мосту (СРПС ЕН 1991-2, 6.5.3). Ове силе се могу разматрати као равномерно расподељено оптерећење дуж одговарајуће утицајне дужине $L_{a,b}$. Не множе се коефицијентом динамичности Φ ни коефицијентима редукције f, али се множе коефицијентом α. Комбинују се са одговарајућим вертикалним силама.

Traction and braking forces act at the top of the rails in the longitudinal direction of the track, and it is combined with the corresponding vertical loads. They shall be considered as uniformly distributed over

the corresponding influence length $L_{a,b}$. They are not multiplied by the factor Φ_3 or by the factor f, but it shal be multiplay with coeficijent α. In the case of a bridge carrying two or more tracks the braking forces on one track shall be considered with the traction forces on one other track.

Силе од покретања воза

$Q_{lak}=33[kN/m]\cdot L_{a,b}[m]\leq 1000[kN]$ за шеме Lm71, SW/0 и SW/2

Силе од кочења воза

$Q_{lbk}=20[kN/m]\cdot L_{a,b}[m]\leq 6000[kN]$ за шеме Lm71 и SW/0

$Q_{lbk}=35[kN/m]\cdot L_{a,b}[m]$ за шему SW/2 – меродавно за шему SW/2

$M_{lak}=Q_{lak}\cdot(y_o+h_{zast}+0.18)$ и $M_{lbk}=Q_{lbk}\cdot(y_o+h_{zast}+0.18)$ - моменти савијања услед ексцентричности

$q_{lak}=Q_{lak}/L_{a,b}$ i $q_{lbk}=Q_{lbk}/L_{a,b}$ - расподељено подужно оптерећење на дужини утицаја $L_{a,b}$

$m_{lak}=M_{lak}/L_{a,b}$ i $m_{lbk}=M_{lbk}/L_{a,b}$ - расподељени моменти савијања на дужини утицаја $L_{a,b}$

ξ=0.6 - коефицијент редукције услед интеракције колосека и конструкције

			$Q_{lak(lbk)}$ [kN]	$q_{lak(lab)}$ [kN/m]	$m_{lak(lab)}$ [kNm/m]	$\alpha\cdot Q_{lak(lbk)}$ [kN]	$\alpha\cdot q_{lak(lab)}$ [kN/m]	$\alpha\cdot m_{lak(lab)}$ [kNm/m]	$\xi\cdot\alpha\cdot q_{lak(lab)}$ [kN/m]	$\xi\cdot\alpha\cdot m_{lak(lab)}$ [kNm/m]
L_{ab} [m]	17.4	покретање	574	33	38	695	40	46	24	27
		кочење	348	20	23	421	24	28	15	17
L_{ab} [m]	29	покретање	957	33	38	1158	40	46	24	27
		кочење	580	20	23	702	24	28	15	17
L_{ab} [m]	40.6	покретање	1000	25	28	1210	30	34	18	20
		кочење	812	20	23	983	24	28	15	17

2.2.4 Прерасподела саобраћајног оптерећења

Узимајући у обзир подужну и попречну прерасподелу саобраћајног оптерећења испод прагова и застора (СРПС ЕН 6.3.6.2(2)).

Longitudinal and transverse distribution of load by the rails, sleepers and ballast is carried out according to SRPS EN 1991-2, 6.3.6.

R= 0 m v= 200 km/h Δ= 0 cm h_{zast}= 60 cm

	Q_{vk} [kN]	Φ_3	$\alpha\cdot Q_{vk}$ [kN]	e [m]	$M_{vk,t}$ [kNm]	$\alpha\cdot Q_{tk}$ [kN]	y_0 [m]	e_{tk} [m]	$M_{tk,t}$ [kNm]	e' [m]	p [kN/m^2]	q_{tk} [kN/m]
LM71	250	1,261	302,5	0,08	-24,2	0,00	0,36	2,94	0,0	0,080	53,4	0,0
/m'	80	1,261	96,8	0,08	-7,7	0,00	0,36	2,94	0,0	0,080	27,3	0,0
SW/0 /m'	133	1,261	160,9	0,08	-12,9	0,00	0,36	2,94	0,0	0,080	45,5	0,0
SW/2 /m'	150	1,261	181,5	0,08	-14,5	0,00	0,36	2,94	0,0	0,080	51,3	0,0

2.3 ЗАМЕНА ЛЕЖИШТА / REPLACEMENT OF BEARINGS

Приликом интервенција на сервисирању или замени лежишта конструкција се ослања на привремене ослонце/пресе, којима се конструкција одиже 1cm како би се ослободила са постојећих лежишта. Приликом ових интервенција неопходно је извршити истовремено одизање на свим привременим ослонцима, јер је контрола попречних носача извршена за случај одизања свих привремених ослонаца за 1cm.

2.4 УТИЦАЈИ ОД ТЕМПЕРАТУРЕ / THERMAL ACTIONS T_K

Температурни утицаји се могу занемарити при прорачуну убетонираних носача, анализираће се само померања услед равномерне температурне промене како би се одредио потребан капацитет дилатациоја.

Прорачун оптерећења услед дејства температуре према стандарду СРПС ЕН 1991-1-5 уз поштовање одредби националног анекса СРПС ЕН 1991-1-5/НА.

The influences of differences and gradients of temperature may be ignored, except for the determination of deflections of railway bridges (SRPS EN 1994-2, 5.4.2.9(8)).

Actions due to the effect of temperature calculated according to the standard SRPS EN 1991-1-5 in compliance with the provisions of the national annex SRPS EN 1991-1-5 / NA.

Екстремно максималне (T_{max}) односно минималне (T_{min}) температуре ваздуха у хладу, са вероватноћом реализације P=0.02, усвојене су према СРПС ЕН 1991-1-5/НА прилог А.

Улазни подаци за предметну локацију моста:

максимална температура ваздуха у хладу..... T_{max}= 43°C

минимална температура ваздуха у хладу..... T_{min}= -31°C

тип коловозне конструкције..... Tip 2

почетна температура моста..... T_0=10°C (СРПС ЕН1991-1-5, А.1(3))

2.4.1 Утицаји од равномерне температурне промене

UNIFORM BRIDGE TEMPERATURE COMPONENT (SRPS EN 1991-1-5 identičan sa EN1991-1-5:2003)				
Max Shade Air Temperature	T_{max} =	43.0	°C	
Min Shade Air Temperature	T_{min} =	-31.0	°C	
Max Uniform Bridge Temperature Component	$T_{e.max}$ =	59.0	°C (Type 1)	максимална компонента равномернр температуре мост (Тип 2):
	$T_{e.max}$ =	47.0	°C (Type 2)	
	$T_{e.max}$ =	45.0	°C (Type 3)	
Min Uniform Bridge Temperature Component	$T_{e.min}$ =	-34.0	°C (Type 1)	минимална компонента равномернр температуре мост (Тип 2):
	$T_{e.min}$ =	-27.0	°C (Type 2)	
	$T_{e.min}$ =	-23.0	°C (Type 3)	

UNIFORM BRIDGE TEMPERATURE RANGE (SRPS EN 1991-1-5 identičan sa EN1991-1-5:2003)				
Initial Bridge Temperature	T_o =	10.0	°C	
Bearing Design				**Ложишта и дилатационе спојнице**
Max Expansion Range	$\Delta T_{N,exp}$ =	69.0	°C (Type 1)	максимално издужење
Uniform Bridge Temperature	$\Delta T_{N,exp}$ =	57.0	°C (Type 2)	од равномерне температуре
Component	$\Delta T_{N,exp}$ =	55.0	°C (Type 3)	коловозна конструкција (Тип 2)
Max Contraction Range	$\Delta T_{N,con}$ =	64.0	°C (Type 1)	максимално скраћење
Uniform Bridge Temperature	$\Delta T_{N,con}$ =	57.0	°C (Type 2)	од равномерне температуре
Component	$\Delta T_{N,con}$ =	53.0	°C (Type 3)	коловозна конструкција (Тип 2)

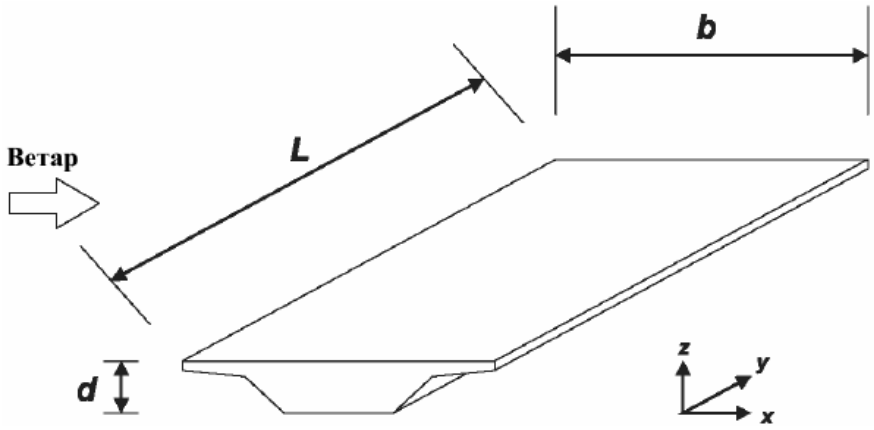
2.5 ОПТЕРЕЋЕЊЕ ВЕТРОМ / WIND ACTIONS F_{WK}

2.5.1 Дејство ветра на коловозну конструкцију

Прорачун оптерећења услед дејства ветра је у свему према СРПС ЕН 1991-1-4 и према Националном анексу СРПС ЕН 1991-1-4/NA

Мост бр.01 у km. 76+615.57

Дејство ветра на мост производи силе у правцу x, y и z где је:
правац x – правац управан на подужну осу моста
правац y – правац паралелан са подужном осом моста
правац z – правац управан на коловоз



Слика 8.2 — Правци дејстава ветра на мостове

Улазни подаци:

фундаментална основна брзина ветра за P=0.02	v_{10min}=	21	m/s
коефицијент правца	c_{dir}=	1,0	
коефицијент годишњег доба	c_{season}=	1,0	
коефицијент топографије	$c_o(z)$=	1,0	
категорија терена		II	
референтна висина, узима се средиште коловозне конструкције	z=	5	m
густина ваздуха	ρ=	1,225	kg/m^3

Прорачунске вредности:

- основна брзина ветра $v_b=c_{dir}\cdot c_{season}\cdot v_{b,0}$ → v_b= 21 m/s
- средња брзина ветра $v_m(z)= c_r(z)\cdot c_o(z)\cdot v_b$ → $v_m(z)$= 18,375 m/s

где су:

$c_r(z)$ - фактор храпавости

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{za} \quad z_{min} \le z \le z_{max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \quad \text{za} \quad z \le z_{min}$$

фактор терена	k_r=	0,19	
дужина храпавости	$z_{0,II}$=	0,05	m
	z_{min}=	2	m
	z_{max}=	200	m
	z_0=	0,05	m
коефицијент храпавости	$c_r(z)$=	0,875	

$I_v(z)$ - интензитет турбуленције

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_I}{c_0(z)\cdot \ln(z/z_0)} \quad \text{za} \quad z_{min} \le z \le z_{max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{min}) \quad \text{za} \quad z \le z_{min}$$

$I_v(z)$= 0,2171

- основни притисак ветра $q_b=0.5\cdot\rho\cdot v_b^2$ q_b= 0,2701 kN/m^2

фактор турбуленције k_I= 1

- вршни притисак ветра $q_p(z)=(1+7\cdot I_v(z))\cdot 0.5\cdot\rho\cdot v^2_m(z)$= 0,5211 kN/m^2

фактор изложености $c_e(z)$= 1,9293

Силе од ветра се могу одредити упрошћеном методом (поглавље 8.3.2 EN 1991-1-4 пошто поступак динамичког одговора није потребан) из следећих израза:

сила од ветра у x правцу	$F_{w,x}=q_p\cdot c_{f,x}\cdot A_{ref,x}$
сила од ветра у z правцу	$F_{w,z}=q_p\cdot c_{f,z}\cdot A_{ref,z}$
сила од ветра у y правцу (ако се процени да треба)	
за пуне мостове:	$F_{w,y}=0.25\cdot F_{w,x}$
за решеткасте мостове:	$F_{w,y}=0.5\cdot F_{w,x}$
коефицијент силе за x правац	$c_{f,x}=c_{fx,0}$
коефицијент силе за z правац	$c_{f,z}=\pm 0.9$
референтна површина за x правац	$A_{ref,x}=d_{tot}\cdot L$
референтна површина за z правац	$A_{ref,z}=b\cdot L$

otvoreni parapet ili otvorena sigurnosna barijera	d=	1	m
na obje strane	b=	6,83	m

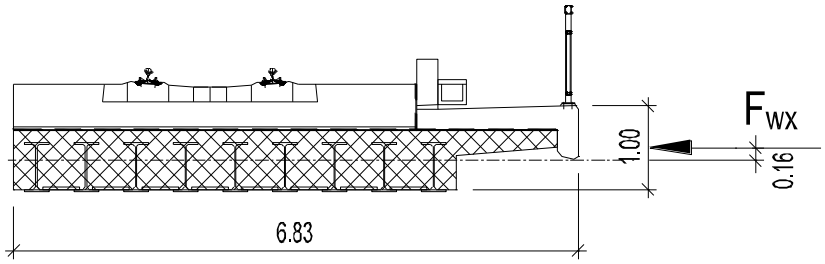
Мост без саобраћајног оптерећења

- оптерећење у **x правцу** од ветра на мост

d_{tot}= 1,6 m

референтна површина за x правац $A_{ref,x}$= $d_{tot}\cdot 1m'$= 1,6 m^2/m'

коефицијент силе за x правац b/d_{tot}= 4,27 → $c_{f,x}$= 1,30



$F_{w,x}=q_b \cdot c_e \cdot c_{f,x} \cdot A_{ref,x}=$ $F_{w,x}=$ 1,084 kN/m'

ексцентицитет силе $e_x=$ 0,16 m

$m_{w,x}=$ 0,1734 kNm/m

- оптерећење у **z правцу** од ветра на мост

$d_{tot}=$ 6,83 m

референтна површина за z правац $A_{ref,z}=$ $d_{tot} \cdot 1m'=$ 6,83 m^2/m'

$F_{w,z}=q_b \cdot c_e \cdot c_{f,z} \cdot A_{ref,z}=$ $F_{w,z}^{+}=$ 3,2034 kN/m'

$F_{w,z}^{+}=$ -3,2034 kN/m'

ексцентицитет силе $e_z=$ 1,7075 m

$m_{w,z}^{+}=$ 5,4698 kNm/m

$m_{w,z}^{-}=$ -5,4698 kNm/m

Мост са саобраћајним оптерећењем

- оптерећење у **x правцу** од ветра на мост

растојање од GlŠ-a до горње ивице парапета $z=$ -0,55 m

$d_{tot}=$ 5,55 m

референтна површина за x правац $A_{ref,x}=$ $d_{tot} \cdot 1m'=$ 5,55 m^2/m'

коефицијент силе за x правац $b/d_{tot}=$ 1,23 $\rightarrow c_{f,x}=$ 2,13

$F_{w,x}=q_b \cdot c_e \cdot c_{f,x} \cdot A_{ref,x}=$ $F_{w,x}=$ 6,1627 kN/m'

ексцентрицитет силе $e_x=$ 2,37 m

$m_{w,x}=$ 14,606 kNm/m

- оптерећење у **z правцу** од ветра на мост

$d_{tot}=$ 6,83 m

референтна површина за z правац $A_{ref,z}=$ $d_{tot} \cdot 1m'=$ 6,83 m^2/m'

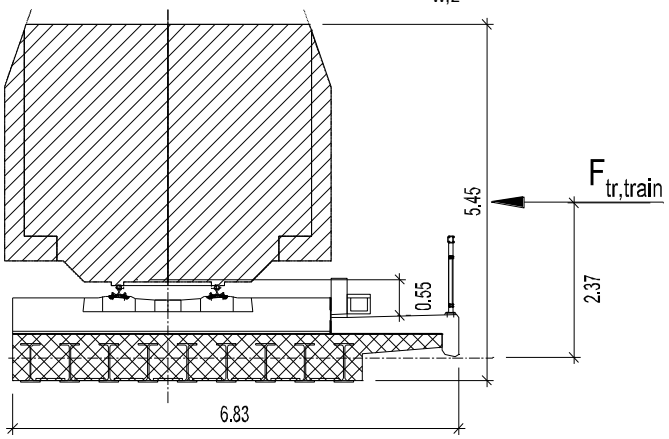
$F_{w,z}=q_b \cdot c_e \cdot c_{f,z} \cdot A_{ref,z}=$ $F_{w,z}^{+}=$ 3,2034 kN/m'

$F_{w,z}^{+}=$ -3,2034 kN/m'

ексцентицитет силе $e_z=$ 1,7075 m

$m_{w,z}^{+}=$ 5,4698 kNm/m

$m_{w,z}^{-}=$ -5,470 kNm/m



Рекапитулација оптерећења

Оптерећење	Мост без саобраћаја	Мост са саобраћајем
$F_{w,x}$ (kN/m)	1,08	6,16
$m_{w,x}$ (kNm/m)	0,17	14,61
$F_{w,y}$ (kN/m)	0,27	
$m_{w,y}$ (kNm/m)	0,04	
$F_{w,z}$ (kN/m)	3,20	3,20
$m_{w,z}$ (kNm/m)	5,47	5,47

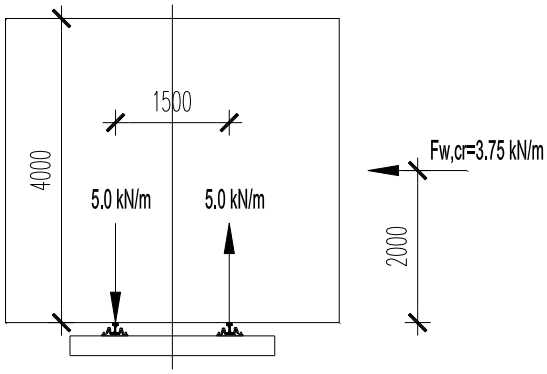
2.5.2 Ветар на стубове моста

стуб	z	$I_v(z)$	$c_r(z)$	$v_m(z)$	$q_p(z)$
	m	-	-	m/s	kN/m^2
2	5,0	0,2171	0,875	18,37	0,52
3	5	0,2171	0,875	18,37	0,52

стуб	d/b	c_f	d	$F_{w,x}$
	-	-	m	kN/m
2	0,056	2,00	1	1,04
3	0,056	2,00	1	1,04

стуб	b/d	c_f	b	$F_{w,y}$
	-	-	m	kN/m
2	17,800	0,90	17,8	8,35
3	17,800	0,90	17,8	8,35

2.5.3 Контрола стабилности за случај када се на конструкцији налази воз са неоптерећеним вагонима



Контрола стабилности када се на конструкцији налази воз са неоптерећеним вагонима, q_{kv}=10.0kN/m'

$F_{w,crt}$=5·1.5/2= 3,75 kN/m=qp·cf,x·Aref,x → q_p= 0,44 kN/m^2

$v_p \leq$ 96,487 km/h

За брзину ветра > 96km/h саобраћај на мосту се не дозвољава

2.6 ОПТЕРЕЋЕЊЕ СНЕГОМ $Q_{SN,K}$

Прорачун оптерећења услед дејства снега је у свему према СРПС ЕН 1991-1-3, а у складу са Националним анексом СРПС ЕН 1991-1-3:2017/НА:2017.

Основно оптерећење на површини при тлу за P=0.02 .....S_k=1.0kN/m^2

Сходно СРПС ЕН 1990, Тачка А.2.2.4(1) оптерећење услед дејства снега не треба да се узима у обзир ни за сталне ни за пролазне прорачунске ситуације, разматра се само током изградње.

2.7 СЕИЗМИЧКО ОПТЕРЕЋЕЊЕ / SEISMIC ACTIONS A_E

2.7.1 Сеизмичке силе на конструкцију / Seismic actions on a bridge structure A_{Ed}

Пројектно сеизмичко оптерећење мостова одредиће се еквивалентном линеарном методом за пројектни еластични спектар одговора према поглављу 3.2.2.5 стандарда СРПС ЕН 1998-1, за коефицијент значаја γ_I=1.3 и класу значаја III, а за повратни период T_{NCR}=475 година. Гранични коефицијент β=0.2 (СРПС ЕН 1998-1/НА, Тачка 2.11).

The design seismic load of bridges is determined by the equivalent linear method for the design spectrum for elastic analysis according to Chapter 3.2.2.5 of SRPS EN 1998-1, with importance factor of the bridge γ_I=1.3 and the importance class III, for the reference return period T_{NCR} = 475 years. Lower bound factor for the horizontal design spectrum β=0.2 (SRPS EN 1998-1 / NA, Clause 2.11).

Горњи строј ослоњен на стубове преко еластомерних лежишта те се за фактор понашања усваја q=1.0 што одговара еластичном понашању.

Abutments and piers flexibly connected to the deck therefore behaviour factor q = 1.0, which corresponds to the elastic behavior.

Пројектни спектари за вертикалну компоненту сеизмичког дејства одређен је за S=1.0 и $a_{vg}=0.9\cdot a_g$ (СРПС ЕН 1998-2, 4.1.7 (3)П; СРПС ЕН 1998-1, 3.2.2.5(5), СРПС ЕН 1998-1/НА Тачка 2.10).

For the vertical component of the seismic action the design spectrum is determined for S = 1.0 and $a_{vg}=0.9\cdot a_g$ (SRPS EN 1998-2, 4.1.7 (3) P; SRPS EN 1998-1, 3.2.2.5 (5), SRPS EN 1998 -1/ NA Clause 2.10).

Еквивалентна статичка сеизмичка сила одредиће се применом методе основног мода, уз комбиновање компоненти сеизмичког дејства за три разматрана правца (СРПС ЕН 1998-2, 4.2.2.1 и 4.2.1.4) како је приказано у прорачунским комбинацијама.

Equivalent static seismic force is determined using the fundamental mode method, combining the components of seismic action for the three considered directions (SRPS EN 1998-2, 4.2.2.1 and 4.2.1.4) as shown in the load combinations.

$$A_{Ed,i} = \gamma_I \cdot A_{Ek,i} = \gamma_I \cdot S_d(T) \cdot G_i$$

Извод из геотехничког елабората / Excerpt from the geotechnical report

According to the soil typification (SRPS EN 1998-1), the soil is characterized as a soil of "C" type - deposits of dense or medium-dense sand, gravel or solid clay.

- **Тип 1** хоризонталног еластичног спектра одговора (СРПС ЕН 1998-1/НА, Тачка 2.9)

  Type 1 horizontal elastic response spectra (SRPS EN 1998-1 / NA, Clause 2.9)

Тип тла / Ground type	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
C	1.15	0.20	0.60	2.0

- **Тип 1** вертикалног еластичног спектра одговора (СРПС ЕН 1998-1/НА, Тачка 2.10)

  Type 1 vertical elastic response spectra (SRPS EN 1998-1 / NA, Clause 2.10)

S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
1.0	0.05	0.15	1.0

Пројектно убрзање тла на тлу типа А a_g=0.1·g (СРПС ЕН 1998-1/НА, Табела А.1)

Design ground acceleration on type A ground a_g=0.1·g (SRPS EN 1998-1/NA, Table A.1)

Табела А.1 – Насељена места са вредностима референтног максималног хоризонталног убрзања на тлу типа А за повратни период од 475 година, зоном и типом спектра (3/3)

Место	a_{gR}(g)	Зона	Тип спектра
Нови Сад	0,10	Z2	тип 1

Периоди осциловања конструкције у подужном, попречном и вертикалном правцу
Period of the fundamental mode of vibration for the longitudinal, transverse and vertical directions

Фактори оптерећења за прорачун маса (СРПС ЕН 1998-2, 4.1.2(4)П)
Load factors for mass calculation (SRPS EN 1998-2, 4.1.2 (4) P)

No	Назив	Коефицијент
1	Gk1 sopstvena tezina (g)	1.00
2	Gk2 stalni teret	1.00

Распоред маса по висини објекта

Ниво	Z [m]	X [m]	Y [m]	Маса [T]	T/m²
	0.00	20.33	7.37	***2399.46***	3.83
	-0.80	***20.30***	***7.54***	645.16	
	-5.80	20.18	7.58	2006.70	14.43
	-6.40	20.41	7.65	734.50	5.12
	-22.95	0.00	0.00	0.00	
Укупно:	-2.91	20.29	7.50	5785.82	

Положај центара крутости по висини објекта

Ниво	Z [m]	X [m]	Y [m]
	0.00	20.37	7.58
	-0.80	***20.28***	***7.53***
	-5.80	20.29	7.46
	-6.40	20.30	7.45

Ексцентрицитет по висини објекта

Ниво	Z [m]	X [m]	Y [m]
	0.00	0.04	0.21
	-0.80	***0.02***	***0.01***
	-5.80	0.11	0.12
	-6.40	0.11	0.19

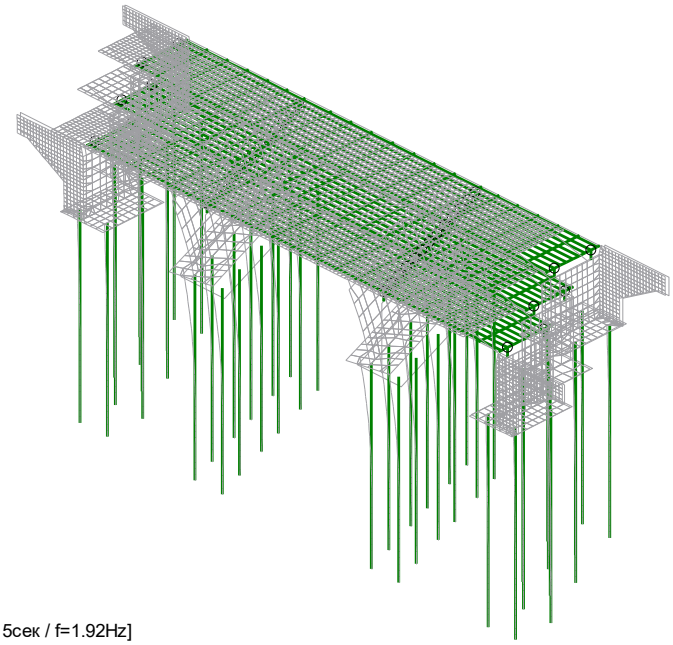
Подужну сеизмичку силу прихватају средњи стубови “C2“ и “C3“, чија је маса мања од 20% масе плоче 2·15.45·4.82·1·25/2399.46·9.81=0.16=16% може се применити метода основног мода (СРПС ЕН 1998-2, 4.2.2.2 (а)).

Ексцентицитет центара крутости ослоначких елемената у односу на центра масе коловозне плоче, није већи од 5% дужине коловозне конструкције.

Услов e_o=20.28-20.30=-0.02m < 0.05·40.6=2.03m је испуњен и може се применити метода основног мода и за попречни правац осциловања (СРПС ЕН 1998-2, 4.2.2.2 (б)).

Осциловање конструкције у подужном правцу

Напредне опције сеизмичког прорачуна:
Спречено осциловање у Y правцу
Спречено осциловање у Z правцу



Изометрија
Форма осциловања: 1/3 [T=0.5215сек / f=1.92Hz]

Период осциловања конструкције

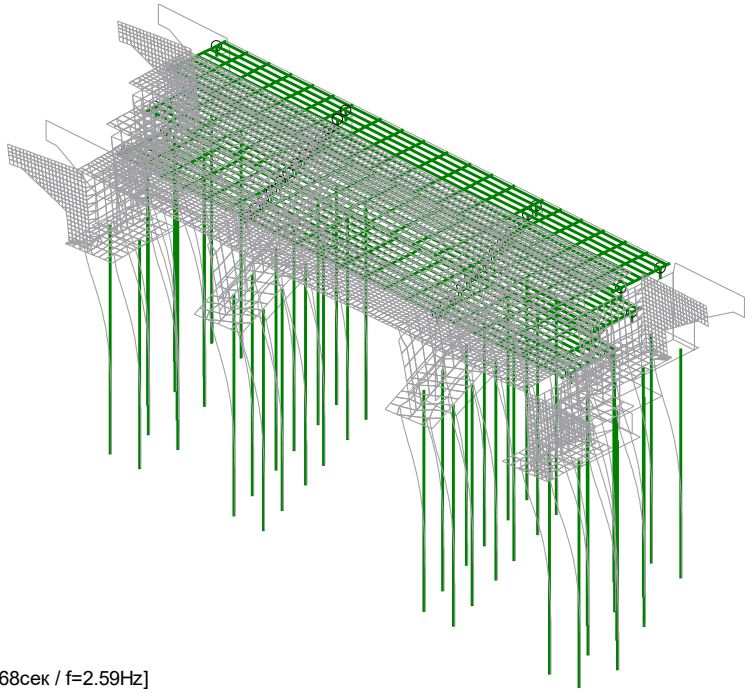
No	T [s]	f [Hz]
1	**0.5215**	1.9174
2	0.3187	3.1377
3	0.3183	3.1421

Осциловање конструкције у попречном правцу

Напредне опције сеизмичког прорачуна:

Спречено осциловање у X правцу

Спречено осциловање у Z правцу



Изометрија
Форма осциловања: 1/3 [T=0.3868сек / f=2.59Hz]

Период осциловања конструкције

No	T [s]	f [Hz]
1	**0.3868**	2.5855
2	0.3598	2.7791
3	0.1941	5.1529

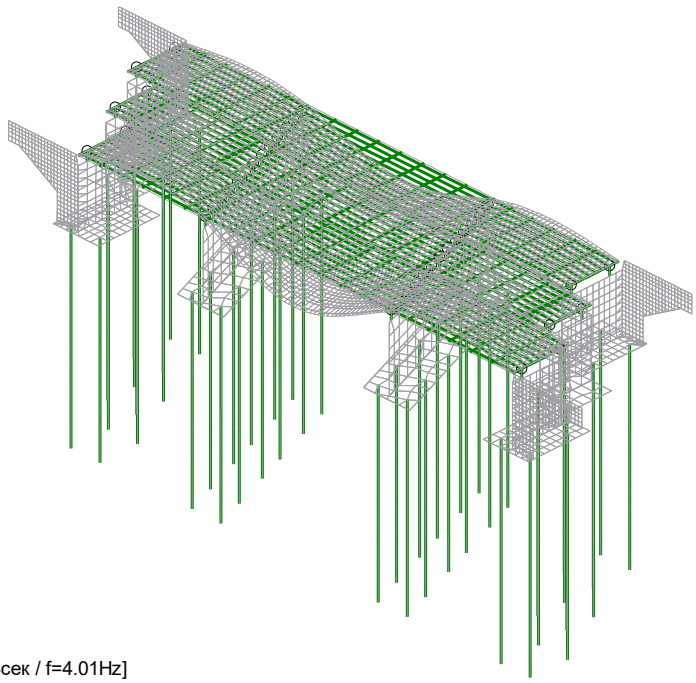
Периоди осциловања конструкције у оба хоризонтална правца X и Y испуњавају услов $T_y<0.9\cdot T_x=0.3868<0.9\cdot 0.5215=0.469$, те се сваки правац осциловања конструкције може анализирати засебно (СРПС ЕН 1998-1, 4.3.3.3.2).

Осциловање конструкције у вертикалном правцу за контролу лежишта (СРПС ЕН 1998-2, 4.1.7 3(П))

Напредне опције сеизмичког прорачуна:

Спречено осциловање у X правцу

Спречено осциловање у Y правцу



Изометрија
Форма осциловања: 1/3 [T=0.2494сек / f=4.01Hz]

Период осциловања конструкције

No	T [s]	f [Hz]
1	**0.2494**	4.0098
2	0.2383	4.1967
3	0.1879	5.3222

γ_I= 1.3

	Сеизмичко оптерећење на						коловозну конструкцију 15.45m·40.6m				
Правац дејства глобалне осе	T [s]	S	a_g од g	a_{vg} од g	$S_d(T)$	$S_{ve}(T)$	G_{k1} [kN]	g_{k1} [kN/m^2]	G_{k2} [kN]	g_{k2} [kN/m^2]	a_{Ed} [kN/m^2]
X	0.5215	1.15	0.1		0.288		13461	21	9816	16	14
Y	0.3868	1.15	0.1		0.288						14
Z	0.2494	1		0.09		0.225					11

	Сеизмичко оптерећење на						средње стубове	
Правац дејства глобалне осе	T [s]	S	a_g од g	a_{vg} од g	$S_d(T)$	$S_{ve}(T)$	g_{k1} [kN/m^2]	a_{Ed} [kN/m^2]
X	0.5215	1.15	0.1		0.288		25	9
Y	0.3868	1.15	0.1		0.288		25	9

За обалне стубове који су флексибилно преко лежишта везани са коловозном конструкцијом, сеизмичке силе које делују на стуб као и на масу тла која лежи на наглавној греди, одређују се за пројектно убрзање које одговара убрзању тла $S_d(T)=a_g \cdot S$ (СРПС ЕН 1998-2, 6.7.2(2)b).

Inertia forces acting on the mass of the abutment and on the mass of earth fill lying over its foundation, is determined on the basis of the design ground acceleration Sd(T)=ag·S (SRPS EN 1998-2, 6.7.2(2)b).

Сеизмичко оптерећење на		обалне стубове 5.65m·4.6m			наглавне греда обални стубови		
Правац дејства глобалне осе	$S_d(T)$	G_{k1} [kN]	g_{k1} [kN/m^2]	a_d [kN/m^2]	g_{k1} [kN/m^2]	g_{k3} [kN/m^2]	a_{Ed} [kN/m^2]
X	0.115	1000	38	6	30	120	22
Y	0.115			6			22

2.7.2 Сеизмички притисак тла / Seismic earth pressure E_{Ed}

Укупна прорачунска сила **E_{Ed}** којом тло делује на укопане стубове срачуната је применом поједностављене анализе (СРПС ЕН 1998-5, Прилог Е). Уколико се статички притисак земље наноси као „активни“онда се користи следећа формула (ЕН1998-5,Прилог Е, Е3):

The total design force acting on the abutments is calculated using a simplified analysis (SRPS EN 1998-5, Annex E). If static earth pressure is applied as "active" then the following formula is used (EN1998-5, Annex E, E3):

$$E_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot (1 \pm k_v) \cdot K_{eff} \cdot H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

СРПС ЕН 1998-5:2004, Прилог Е

H= 5.8 m B= 1 m

γ^*= 20 kN/m^3

φ'= 35 ^{o} = 0.61 rad

γ_φ'= 1

$\phi_d' = \tan^{-1}\left(\frac{\tan\phi'}{\gamma_{\phi'}}\right)$ = 35.00 ^{o} 0.61 rad

δ= 0 ^{o} = 0 rad површине премазане битуменом

$\delta_d = \tan^{-1}\left(\frac{\tan\delta}{\gamma_{\phi'}}\right)$ = 0.00 ^{o} 0 rad

β= 0 ^{o} = 0 rad

ψ= 90 ^{o} = 1.57 rad

α= 0.1

S= 1.15 (СРПС ЕН 1998-1, 3.2.2.2)

r= 1 (СРПС ЕН 1998-5, Табела 7.1)

$k_h=\alpha \cdot S/r$= 0.115 (СРПС ЕН 1998-5, 7.3.2.1; 7.1)

a_{vg}= 0.09 a_{vg}/a_g= 0.9

a_g= 0.1

$k_v=\pm 0.5 k_h$ ако је $a_{vg}/a_g>0.6$ (СРПС ЕН 1998-5, 7.3.2.1; 7.2-7.3)

$k_v=\pm 0.33 k_h$ у осталим случајевима

k_v= 0.058

a)

$tg\theta = k_h/(1+k_v) =$ 0.109 → $\theta =$ 6.21 ° = 0.10832 rad (E.6)

(СРПС ЕН 1998-5, Прилог Е, Е.4)

$\beta \leq \phi' \_ d - \theta$ → $K = \dfrac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos\theta \sin^2\psi \sin(\psi - \theta - \delta_d)\left[1 + \sqrt{\dfrac{\sin(\phi'_d + \delta_d)\sin(\phi'_d - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta_d)\sin(\psi + \beta)}}\right]^2}$ (E2)

$\beta > \phi' \_ d - \theta$ → $K = \dfrac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \sin^2\psi \sin(\psi - \theta - \delta_d)}$ (E3)

K= 0.353

$E_d = 1/2\ \gamma\text{^}* (1 \pm kv) K \cdot H^2 + Ews + Ewd$ = 125.73 kN/m (E1)

$a_{Ed} = 1/2\ \gamma\text{^}* (1 \pm kv) K \cdot H^2 + Ews + Ewd$ = 21.678 kN/m²

2.8 ИНЦИДЕНТНА ОПТЕРЕЋЕЊА / ACCIDENTAL ACTIONS

2.8.1 Утицај исклизнућа железничких возила / Derailment actions Q_{A1d}, q_{A1d}, q_{A2d}

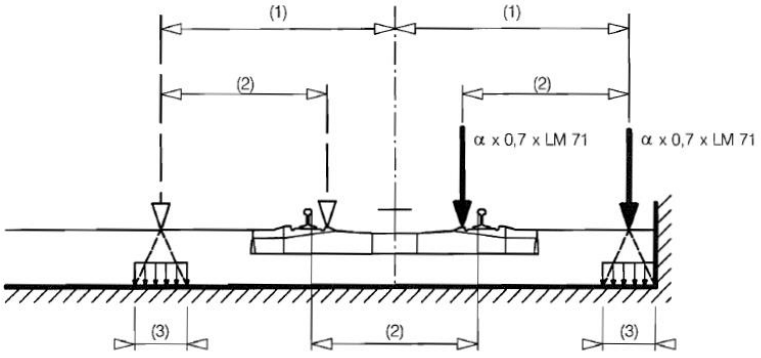
Утицај изклизнућа железничких возила разматран као инцидетно оптерећење (СРПС ЕН 1991-2, 6.7).

Разматране су две прорачунске ситуације – 1 и 2. Свака се проверава посебно. Комбинацију ових оптерећења не треба разматрати. Силе услед исклизнућа се не множе динамичким коефицијентом.

Derailment of rail traffic is considered as an Accidental Design Situation (SRPS EN 1991-2, 6.7)

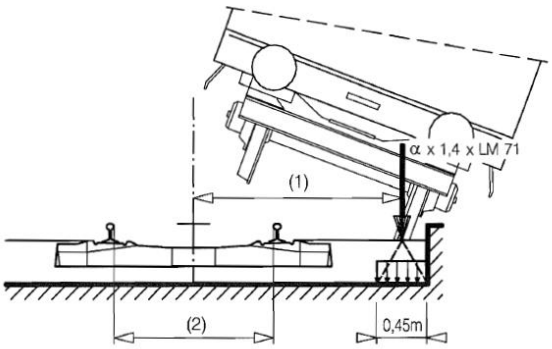
Two design situations are considered - 1 and 2. Design Situations are examined separately. A combination of these loads is not considered. No dynamic factor is applied to these design loads.

Прорачунска ситуација 1 – исклизнуће железничких возила када исклизнута возила остају на подручју колосека на распонском склопу моста, а возила су задржана суседном шином или издигнутим зидом. Услед ове прорачунске ситуације не сме доћи до лома главних носећих елемената.



Прорачунска ситуација 1 – вредности сила Q_{A1d} i q_{A1d}

Прорачунска ситуација 2 – исклизнуће железничких возила када исклизнуто возило балансира. За ову прорачунску ситуацију не сме доћи до лома и губитка стабилности конструкције. За контролу глобалне стабилности, оптерећење q_{A2d} може нанети највише на 20m дужине.



Прорачунска ситуација 2 – вредност силе q_{A2d}

2.8.2 Удар друмских возила о стубове моста / Impact of road vehicles on substructures F_{dx},F_{dy}

Оријентационе прорачунске силе удара друмских возила на елементе моста, према СРПС ЕН 1991-1-7, Табела 4.1.

Indicative equivalent static design forces due to vehicular impact on piers, according to SRPS EN 1991-1-7, Table 4.1.

Градске саобраћајнице Roads in urban area	F_{dx}=500kN	F_{dy}=250kN

3 ПРИНЦИПИ КОМБИНОВАЊА ОПТЕРЕЋЕЊА / COMBINATIONS OF ACTIONS

Комбинације оптерећења формиране су у складу са СРПС ЕН 1990 и СРПС ЕН 1990/НА.

Combinations of actions are formed in accordance with SRPS EN 1990 and SRPS EN 1990/NA.

У наставку анализе оптерећења биће приложен само општи принцип комбиновања оптерећења док ће при прорачуну сваког појединачног елемента бити дате конкретне (меродавне) комбинације оптерећења за тај елемент.

3.1 ПРЕГЛЕД ОПТЕРЕЋЕЊА / ACTIONS

Тип оптерећења	Назив оптерећења	Ознака оптерећења
Стална оптерећења Permanent loads (**G**)	Сопствена тежина конструкције / Self-weight	$G_{k,1}$
	Стални терет на мосту / Dead load	$G_{k,2}$
	Тежина земље / Weight of the soil	$G_{k,3}$
	Скупљање / Shrinkage	**S**
Променљиво оптерећење услед дејства железничког саобраћаја Traffic actions (Q_1)	Покретно оптерећење од воза – LM71, SW/0, SW/2	$Q_{v,1}$
	Празни вагони / Unloaded train	$q_{v,2}$
	Оптерећење на ревизионим стазама	q_{fk}
	Центрифугална сила / Centrifugal force	Q_{tk}
	Сила бочног удара / Nosing force	Q_{sk}
	Силе од кочења и покретања воза / Traction and braking forces	Q_{lak}, Q_{lbk}
Остала променљива оптерећења Other variable actions (Q_i)	Утицаји од температуре / Thermal actions	T_k
	Оптерећење ветром / Wind forces	F_{wk}
	Сила трења у лежиштима / Friction force in bearings	Q_{tr}
	Притисак тла / Earth pressure	E_d
Сеизмичко оптерећење Seismic actions (A_E)	Сеизмика – конструкција моста / On a bridge structure	A_{Ed}
	Сеизмички притисак тла / Seismic earth pressure	E_{Ed}
Инцидентна оптерећења Accidental actions (A_d)	Исклизнуће железничких возила / Derailment actions	$Q_{A1d}, q_{A1d}, q_{A2d}$
	Удар друмских возила / Impact of road vehicles	F_{dx}, F_{dy}

Групе оптерећења услед железничког саобраћаја формиране су у складу са СРПС ЕН 1991-2, табела 6.1.

Groups of Loads for rail traffic according to SRPS EN 1991-2, Table 6.11.

Препоручене вредности ψ фактора за железничке мостове, у складу са СРПС ЕН 1990, додатак А2, табела А2.3.

Recommended values of ψ factors, according to SRPS EN 1990, Annex A2, Table A2.3.

Вредност γ фактора у складу са СРПС ЕН 1990, додатак А2, табеле А2.4 (А,Б,Ц); А2.5 и А2.6.

The γ values in accordance with SRPS EN 1990, Appendix A2, Tables A2.4 (A, B, C); A2.5 and A2.6.

3.2 ПРОРАЧУНСКЕ КОМБИНАЦИЈЕ / DESIGN COMBINATION OF ACTIONS

3.2.1 Гранична стања носивости / Ultimate limit states (ULS)

3.2.1.1 Комбинације дејстава за стална или пролазне прорачунске ситуације (Основне комбинације) / Combinations of actions for persistent or transient design situations (Fundamental combinations)

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}G_{k,j}\ "+"\ \gamma_{Q,1}Q_{k,1}\ "+"\ \sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\psi_{0,i}Q_{k,i}$$

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
1.1.1	$1.35\ ili\ 1(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+1.5ili1\cdot E+1.45\cdot(Q_{v,1}+Q_{lak}+0.5Q_{sk}+Q_{tk})+1.50\cdot(0.8q_{fk}+0.6\cdot T_k)$
1.1.2	$1.35\ ili\ 1(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+1.5ili1\cdot E+1.45\cdot(Q_{v,1}+Q_{lak}+0.5Q_{sk}+Q_{tk})+1.5\cdot(0.75F_{wk,train}+0.8q_{fk}+0.6\cdot T_k)$
1.1.3	$1.35\ ili\ 1(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+1.5ili1\cdot E+1.5\cdot F_{wk,train}+1.45\cdot(0.8(Q_{v,1}+Q_{lbk}+0.5Q_{sk}+Q_{tk}))+1.5\cdot(0.8q_{fk}+0.6\cdot T_k)$

3.2.1.2 Комбинације дејстава за сеизмичке прорачунске ситуације / Combinations of actions for seismic design situations

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}\ "+"\ A_{Ed}\ "+"\ \sum_{i\geq 1}\psi_{2,i}Q_{k,i}$$

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
1.2.1	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+A_{E,y}+0.3\cdot A_{E,x}+0.3\cdot A_{E,z}+0.5\cdot T_k$ - *попречни правац*
1.2.2	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+A_{E,x}+0.3\cdot A_{E,y}+0.3\cdot A_{E,z}+0.5\cdot T_k$ - *подужни правац*
1.2.3	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+A_{E,z}+0.3\cdot A_{E,x}+0.3\cdot A_{E,y}+0.5\cdot T_k$ - *вертикални правац*

3.2.1.3 Комбинације дејстава за инцидентне прорачунске ситуације / Combinations of actions for accidental design situations

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}\ "+"\ A_d+\psi_{1,1}Q_{k,1}$$

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
1.3.1	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+1.5ili1\cdot E+Q_{Ad}$
1.3.2	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+1.5ili1\cdot E+F_d$

3.2.2 Гранична стања употребљивости / Serviceability limit states (SLS)

3.2.2.1 Карактеристична комбинација дејстава за неповратна гранична стања / Characteristic combinations

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{ "+" } Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
2.1.1	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+E+(Q_{v,1}+Q_{tk})$
2.1.2	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+E+(Q_{v,1}+Q_{lak}+0.5Q_{sk}+Q_{tk})$
2.1.3	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+E+(Q_{v,1}+Q_{lak}+0.5Q_{sk}+Q_{tk})+(0.75F_{wk,train}+0.8q_{fk}+0.6\cdot T_k)$
2.1.4	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+E+F_{wk,train}+(0.8(Q_{v,1}+Q_{lbk}+0.5Q_{sk}+Q_{tk}))+(0.8q_{fk}+0.6\cdot T_k)$

3.2.2.2 Честа комбинација дејстава за повратна гранична стања / Frequent combination

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{ "+" } \psi_{1,1} Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i>1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
2.2.1	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+E+0.8\cdot(Q_{k,1}+Q_{lak}+0.5Q_{sk}+Q_{tk})$
2.2.2	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+E+0.8\cdot(Q_{k,1}+Q_{lak}+0.5Q_{sk}+Q_{tk})+0.5\cdot T_k$

3.2.2.3 Квази-стална комбинација дејстава за дуготрајна дејства и изглед конструкције / Quasi-permanent combination

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{ "+" } \sum_{i>1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
2.3.1	$(G_{k,1}+G_{k,2})+S+0.5\cdot T_k$

4 СТАЊЕ УПОТРЕБЉИВОСТИ / SERVICEABILITY LIMIT STATES

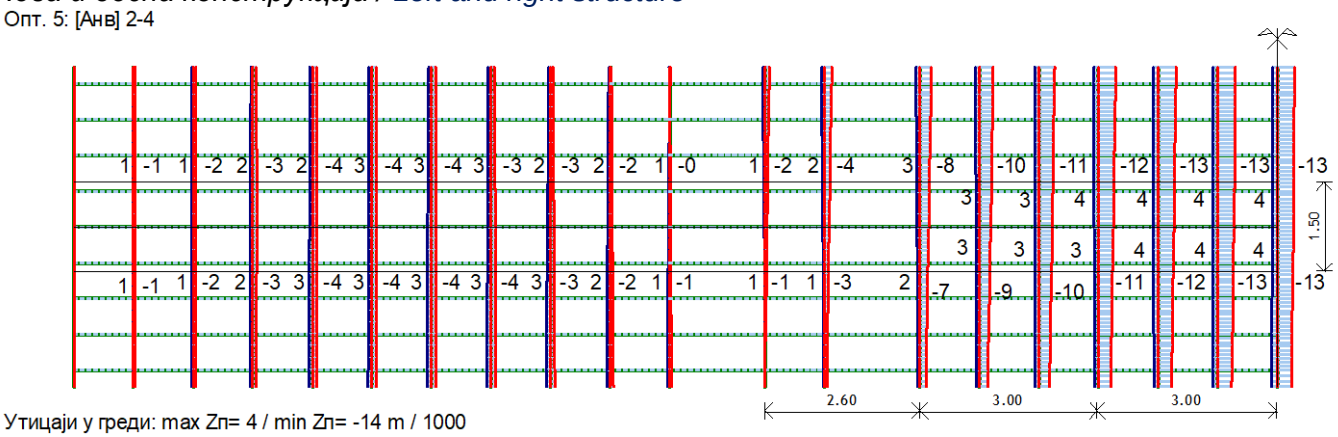
4.1 УВРТАЊЕ КОЛОВОЗНЕ ПЛОЧЕ / DECK TWIST

За карактеристичне вредности саобраћајног оптерећења услед шема оптерећења LM71, SW/0 и SW/2, увећаних коефицијентима Φ_3 и α, увртање плоче се ограничава у складу са СРПС ЕН 1990, А2.4.4.2.2. односно тачке 2.2.27 СРПС ЕН 1990/НА.

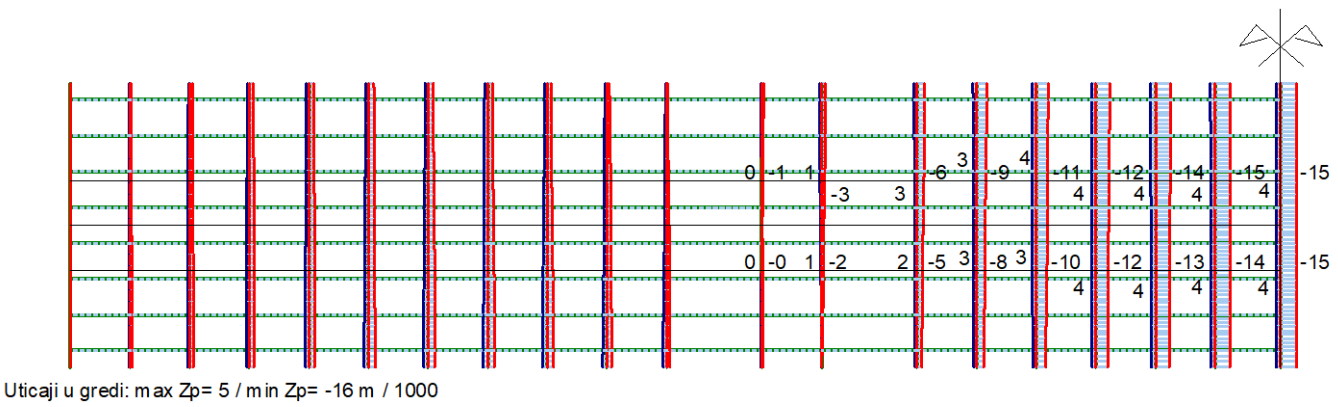
The twist of the bridge deck shall be calculated taking into account the characteristic values of Load Model 71 as well as SW/0 or SW/2 as appropriate multiplied by Φ and α (SRPS EN 1990, A2.4.4.2.2 and SRPS EN 1990/NA Clause 2.2.27).

$_{max}t_{Qk,1}<t_1$=4.5mm/3m=1.5mm/m v=80km/h

Лева и десна конструкција / Left and right structure



Средња конструкција / Mid structure



t/3.3m=1.271·(13-11)=2.5mm → $_{max}t_{Qk,1}$=2.5/3=0.85mm/m < t_1=1.5mm/m

4.2 ПОПРЕЧНЕ ДЕФОРМАЦИЈЕ И СОПСТВЕНЕ ХОРИЗОНТАЛНЕ ФРЕКВЕНЦИЈЕ / TRANSVERSE DEFORMATION AND VIBRATION OF THE DECK

Према члану А2.4.4.2.4 стандарда СРПС ЕН 1990, први тон сопствене фреквенције бочних осцилација не треба да буде мањи од f_{b0}. Тачком 2.2.33 - А2.4.4.2.4(3) Националног анкеса СРПС ЕН 1990/НА минимална сопствена фреквенција првог тона осциловања износи f_{b0}=1.2Hz.

The first natural frequency of lateral vibration of a span should not be less than f_{b0}=1.2Hz (SRPS EN 1990, A2.4.4.2.4(3) and SRPS EN 1990/NA Clause 2.2.33).

Напредне опције сеизмичког прорачуна:

Спречено осциловање у X правцу

Спречено осциловање у Z правцу

Фактори оптерећења за прорачун маса

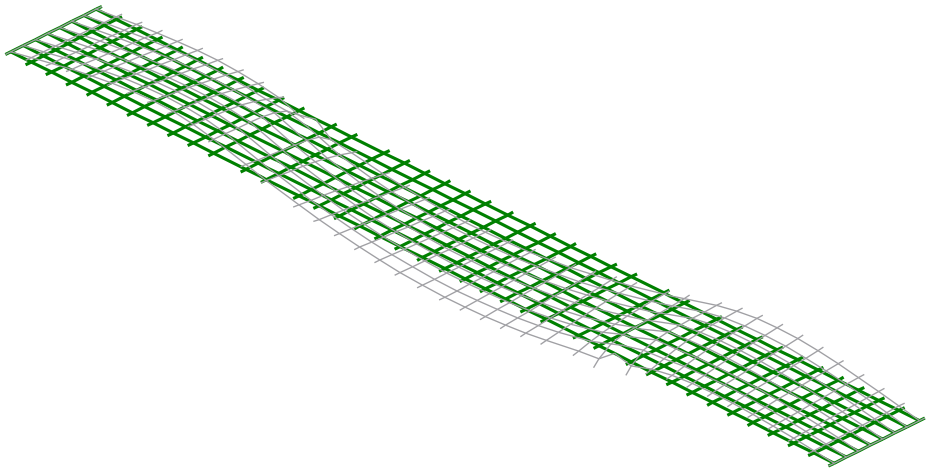
No	Назив	Коефицијент	
1	Gk1 sopstvena tezina	1.00	
2	Gk2 stalni teret	1.00	

Распоред маса по висини објекта

Ниво	Z [m]	X [m]	Y [m]	Маса [T]	T/m²
	0.00	20.30	7.45	619.79	
Укупно:	0.00	20.30	7.45	619.79	

Периоди осциловања конструкције

No	T [s]	f [Hz]
1	0.0700	14.2942
2	0.0700	14.2942
3	0.0665	15.0279



Изометрија
Форма осциловања: 1/3 [T=0.0700сек / f=14.29Hz]

14.29Hz > 1.2Hz → услов граничне фреквенције испуњен

Прва основна фреквенција осциловања простроне конструкције, узимајући у обзир и утицај субструктуре приказана је у поглављу 2.6, задовољава услов:

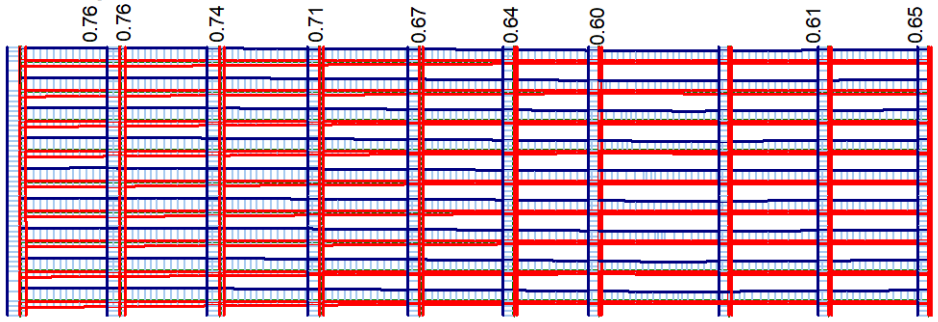
2.5855Hz > 1.2Hz → услов граничне фреквенције испуњен

Попречно померање у врху коловозне конструкције / Transverse deformation

Попречно померање у врху коловзне конструкције услед карактеристичне комбинације оптерећења, одређено је у просторном прорачунском моделу узимајући у обзир и попречно померање субструктуре.

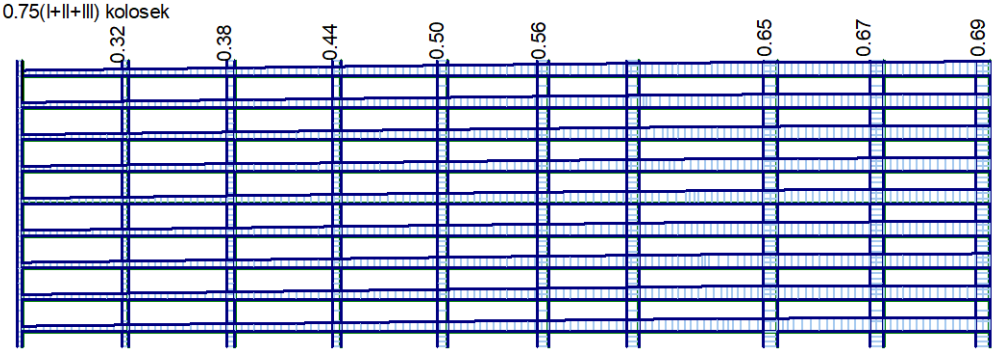
The transverse deformation includes the deformation of the bridge deck and the substructure.

Опт. 22: [axQvk+ax0.5xQsk+dEd] 5-11



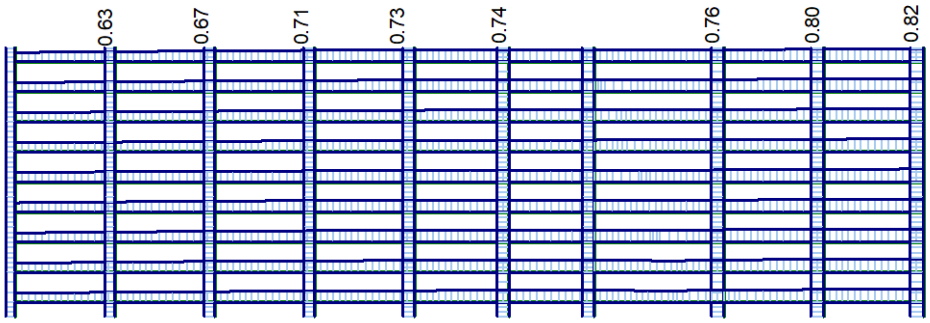
Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max Xп= 5.5 / min Xп= -0.9 m / 1000

Опт. 8: 0x0.6Qlak 0.75(I+II+III) kolosek



Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max Yп= 0.69 / min Yп= 0.26 m / 1000

Опт. 19: Fw



Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max Yп= 0.82 / min Yп= 0.58 m / 1000

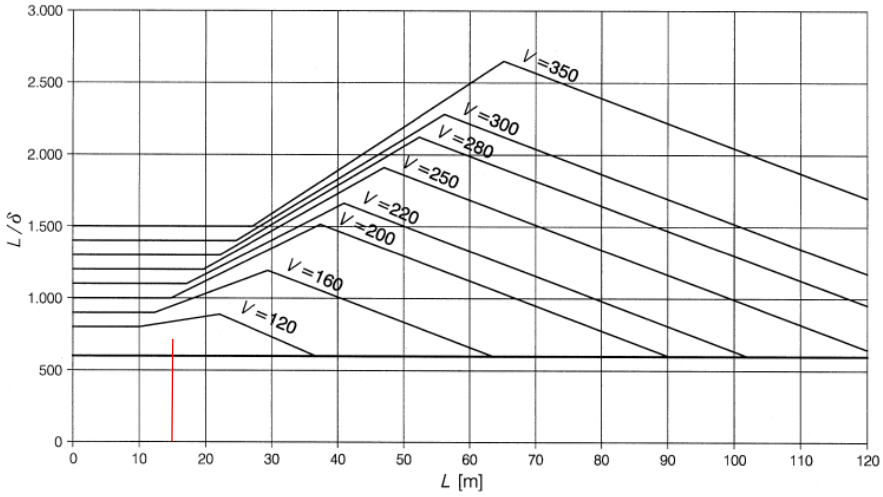
$\max\delta_h = \delta_{h,LM71} + \delta_{h,Fw,train} + \delta_{h,To} = 1.271 \cdot 0.76 + 0.69 + 0.80 + 4.8 \cdot 10^3 \cdot 57 \cdot 1 \cdot 10^{-5} = 5.1mm$

$r = L^2/8 \cdot \delta_h = 17.4^2/8 \cdot 5.1^{-3} = 7420m > r_4 = 3500m$ услов је испуњен

4.3 УГИБИ КОНСТРУКЦИЈЕ / VERTICAL DEFLECTION

Према члану А2.4.4.3, тачка (5), стандарда СРПС ЕН 1990, максимални угиб конструкције услед шеме корисног оптерећења LM71, увећане динамичким коефицијентом Φ_3 и α=1, за брзину v=100 km/h, за статички систем континуалне греде износи L/0.9·700.

Maximum vertical deflections of the structure due to traffic load on one track, multiplied by the dynamic coefficient Φ_3 and α=1, for the speed v=100km/h, for the continuous beams is L/0.9·700 (SRPS EN 1990, A2.4.4.3 (5)).



Граничне вредности вертикалног угуба одређене су из услова удобности путника (СРПС ЕН 1990, А2.4.4.3).

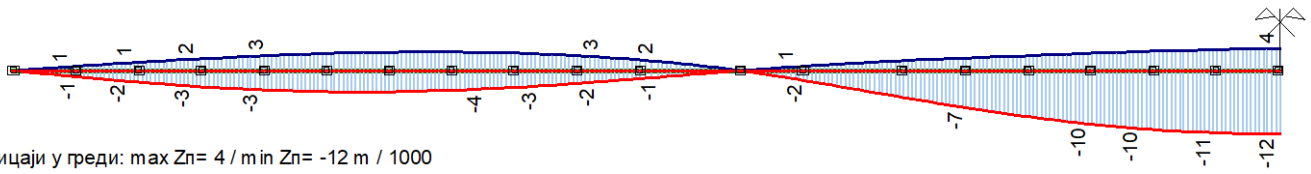
За веома добар ниво удобности, максимални угиби износе:

$$max\delta = \frac{17.4}{0.9 \cdot 700} = 0.028m = 28mm$$

4.3.1 Угиби услед вертикалног саобраћајног оптерећења / Vertical deflection due to vertical traffic actions

Лева и десна конструкција

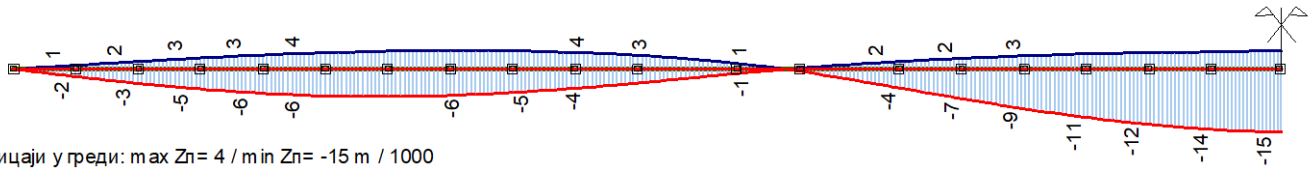
Опт. 5: [Анв] 2-4



Утицаји у греди: max Zn= 4 / min Zn= -12 m / 1000

Средња конструкција

Опт. 5: [Анв] 2-4



Утицаји у греди: max Zn= 4 / min Zn= -15 m / 1000

Максимални угиби услед шеме оптерећења 1·Φ_3·LM 71 (једноколосечна конструкција)

$max\delta = 1.271 \cdot 15/1.21 = 16mm < 28mm \rightarrow$ **веома добар ниво удобности / very good level of comfort**

Услови у погледу ограничења угиба су задовољени.

The conditions regarding the limitation of deflection are satisfied.

4.4 ХОРИЗОНТАЛНА ПОМЕРАЊА / LONGITUDINAL DISPLACEMENT

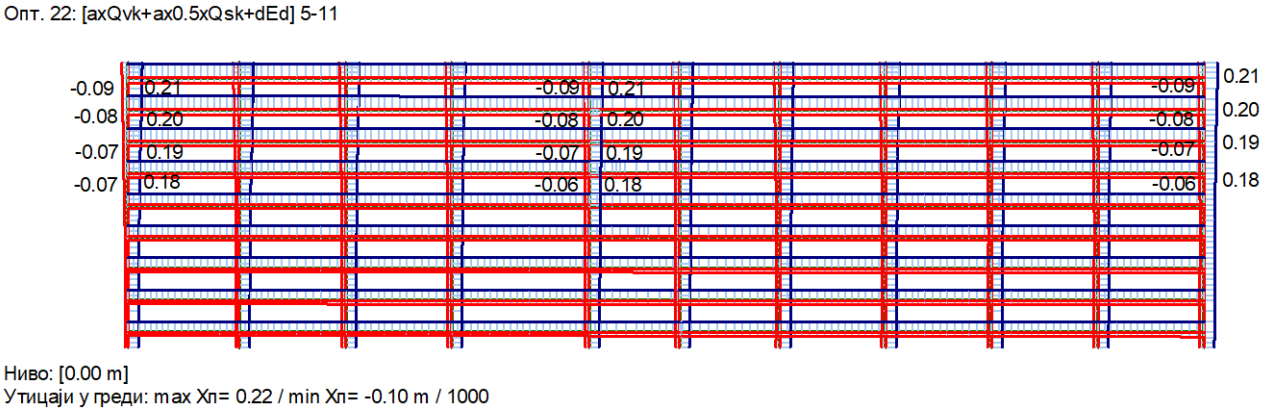
Чланом А2.4.4.2.5 стандарда СРПС ЕН 1990, хоризонтална померања крајева коловозне конструкције железничких мостова ограничавају се према одредбама СРПС ЕН 1991-2, 6.5.4.5.2.

The longitudinal displacement of the upper surface of the deck at the end of a deck are limited according to the SRPS EN 1991-2, 6.5.4.5.2.

4.4.1 Релативно хоризонтално померање услед вертикалног саобраћајног оптерећења / Longitudinal displacement due to vertical traffic actions

Према члану 6.5.4.5.2 стандарда СРПС ЕН 1991-2, за максимално хоризонтално померање коловозне конструкције у подужном правцу, не сме прекорачити вредност:

- δ_H **= 8mm** услед шема корисног оптерећења LM71 и SW/0, када је узето у обзир садејство конструкције и колосека.



Горња ивица плоче се налази на
H ≈ 380 mm од осе конструкције.

На стубу са покретним лежиштем	$Q_{v,1}$	
	max	min
$X_p = \delta_{H,axis}$ [mm]	0.21	-0.09
$Y_r = \theta$ [radx10^{-3}]	1.49	-0.83
$\delta_{H,r3} = H \times \sin\theta$ [mm]	0.57	-0.31
$\delta_H = \delta_{H,axis} + \delta_{H,r3}$ [mm]	0.78	-0.40

max δ_H =0.78mm < 8mm → *услов је испуњен / limitation is met*

4.4.2 Релативно хоризонтално померање услед силе кочења и покретања / Due to traction and braking

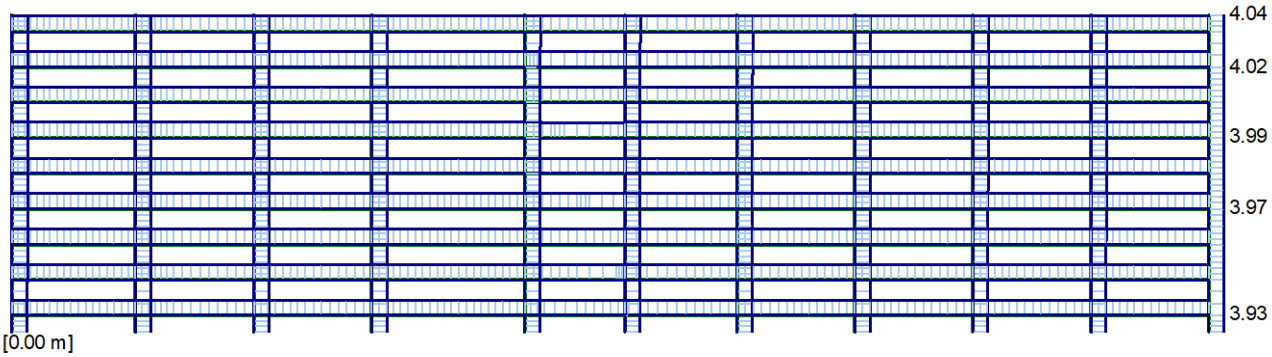
Према члану 6.5.4.5.2 стандарда ЕН 1991-2, максимално релативно хоризонтално померање у подужном правцу између коловозне конструкције и опорца, не сме прекорачити вредност:

δ_B **= 5mm** услед сила кочења односно покретања за континуално заварене шине без дилатационе справе.

Оптерећење делује само на два колосека (СРПС ЕН 1991-2, Табела 6.10).

Loaded two tracks (SRPS EN 1991-2, Table 6.10).

Опт. 5: ax0.6Qlak I+II kolosek

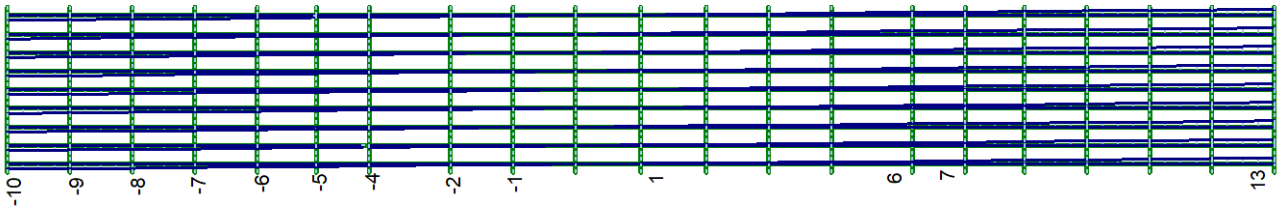


Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max Xп= 4.04 / min Xп= 3.92 m / 1000

max δ_B=4.04mm<5mm → *услов је задовољен / limitation is met*

4.4.3 Релативно хоризонтално померање услед дејства температуре

Опт. 3: To 57

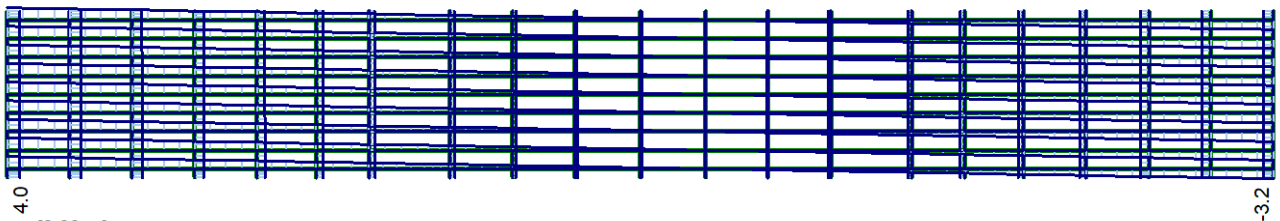


Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max Xп= 13 / min Xп= -10 m / 1000

Померање конструкције над стубовима са покретним лежиштем
над стубовима C1 и C4 $\delta_{H,T}$ =±13mm pri T=±57° C

4.4.4 Релативно хоризонтално померање услед скупљања

Опт. 4: S

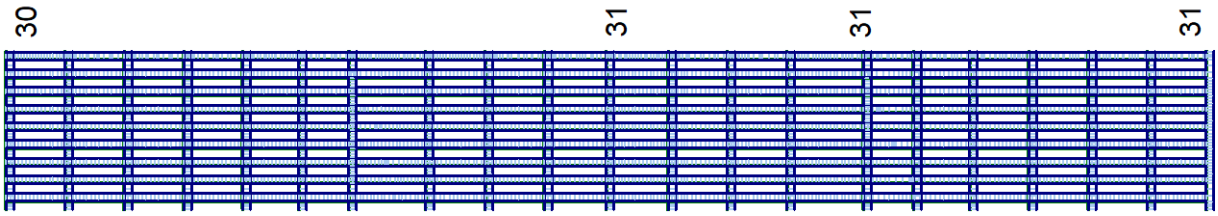


Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max Xп= 4.0 / min Xп= -3.2 m / 1000

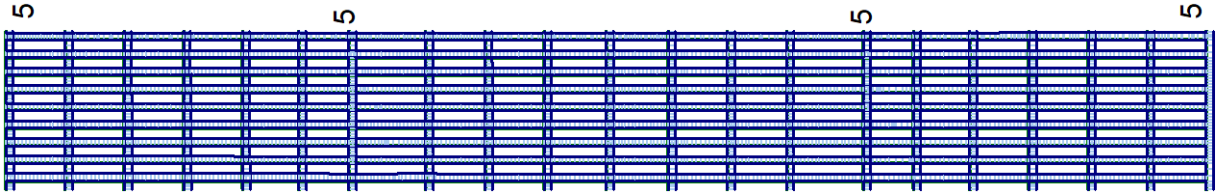
Померање конструкције над стубовима са покретним лежиштем
над стубовима C1 и C4 $\delta_{H,Sh}$ =4mm

4.4.5 Релативно хоризонтално померање услед сеизмике

Опт. 22: (AEd+Ed) X правац



Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max Xп= 31 / min Xп= 30 m / 1000
Опт. 23: (AEd+Ed) Y правац



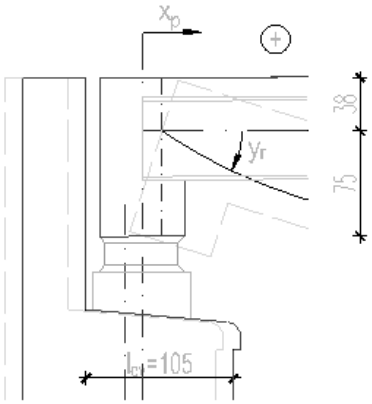
Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max Xп= 5 / min Xп= 5 m / 1000

$d_{Ee}=31+0.3\cdot5=\pm32.5mm$

4.4.6 Укупно релативно хоризонтално померање

Релативна хоризонтална померање конструкције у нивоу дилатационе справе и лежишта.
Relative horizontal displacement of the structure at the level of the expansion device and the bearing.

Конвенција померања приказана је на скици
The convention is shown in the figure



	Стуб C1 Abutment C1	Конструкција Structure		Дилатација Expansion joint	Лежиште Bearing
	$x_{p,abutm}$ [mm]	$x_{p,str.}$ [mm]	$y_{r,str.}$ [rad]	x_p [mm]	x_p [mm]
$G_{k,2}$	-2	0	0.45	2	-2
S		4		4	4
$\alpha\cdot Q_{v,1}+\alpha\cdot Q_{sk}+dE_{d,Qv,k}$		0.21	1.49	1	-1
$0.6\alpha\cdot Q_{lak}$		4.04		4	4
T_k		13		13	13
A_E		32.5		33	33
Q_{Ad}		0.1	3.78	2	-3

Померања услед сталних и промењљивих дејстава

$\delta_H = \delta_{H,Gk2} + \delta_{H,S}\ \delta_{H,Qv,k+Qsk+dEd,Qv} + \delta_{H,Qlak} + \delta_{H,+T} = 2+4+1+4+13=24mm$

Померање услед сеизмичког оптерећења (СРПА ЕН 1998-2, 2.3.6.3)

$d_{Ed}=d_{Ee}+d_G+\psi_2 d_T=33+2+0.5\cdot13=42mm$

Потребан ход дилатационе справе над обалним стубом са покретним лежиштем
$\Delta=d_{Ed}=42mm$

Потребна дужина преклопа над стубом са покретним лежиштем (СРПС ЕН 1998-2, 6.6.4)

$_{min}l_{ov}=l_m+d_{eg}+d_{es}=700+2\cdot0.025\cdot0.1\cdot9.81\cdot1.15\cdot0.6\cdot2\cdot10^3+30=700+69+42=811mm=82cm<105cm$

На обалним стубовима С1 и С4 усвајају се водонепропусне еластомерне дилатационе спојнице капацитета дилатирања ±40mm.

Waterproof elastomeric expansion joints with capacity ±50mm are adopted on the abutments S1 and S4.

Померања конструкције у нивоу подужне дилатационе спојнице:

	подужно longitudinal	попречно transverse	вертикално vertical
	Δx_p [mm]	Δy_p [mm]	Δz_p [mm]
G_{k2}			6
$\Phi_3\cdot\alpha\cdot Q_{v,1}+\alpha\cdot Q_{sk}+dEd,_{Qv,k}$		2	20
$0.6\alpha\cdot Q_{lak}$		1	3

Потребан капацитет подужне водонепропусне дилатационе спојнице у вертикалном правцу износи 30mm, а у попречном правцу 3mm.

The capacity of the longitudinal waterproof expansion joint in the vertical direction is 30 mm, and in the transverse direction 3 mm.

4.5 РОТАЦИЈЕ У ВЕРТИКАЛНОЈ РАВНИ / ROTATION OF THE DECK

Сходно тачки 2.2.31 Националног анекса СРПС ЕН 1990-НА, максимални угао ротације коловозне конструкције, мерен у оси колосека услед шеме оптерећења LM71 (помножене динамичким коефицијентом Φ_3 као и коефицијентом α или услед деловања температурне разлике ΔT, не сме прекорачити вредности:

б) за вишеколосечне мостове:

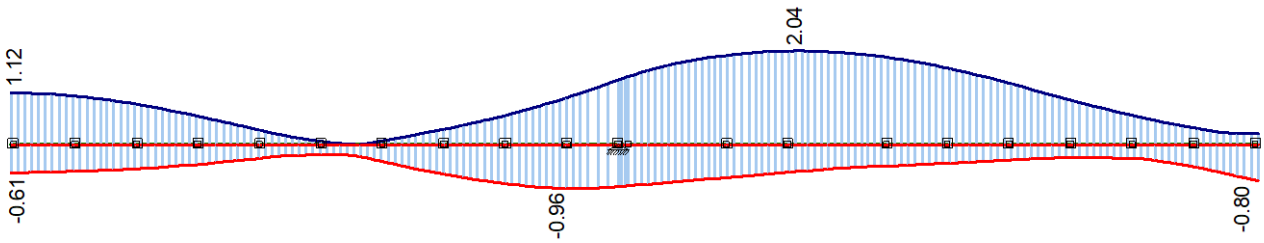
$3{,}5\times10^{-3}$ rad на прелазу са моста на насип (θ_1, θ_3),

5×10^{-3} rad између две суседне мостовске конструкције(θ_1, θ_2).

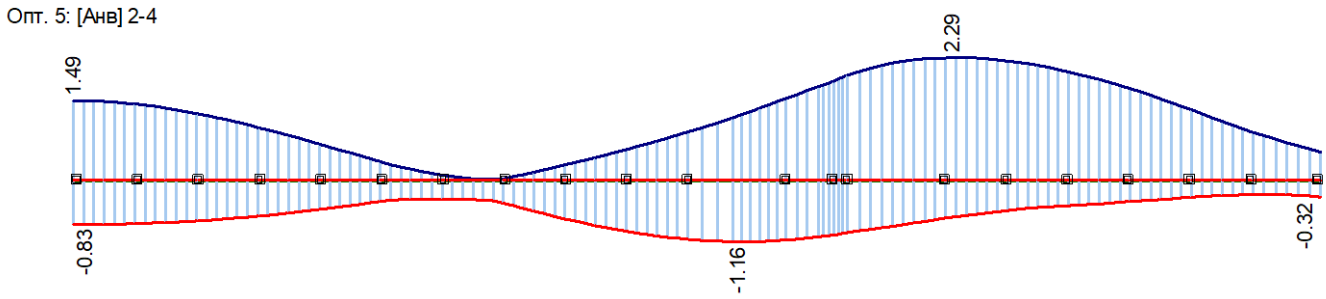
НАПОМЕНА 1 Код вишеколосечних мостова ротација се рачуна са саобраћајним оптерећењем на једном колосеку.

4.5.1 Ротација ослоначког попречног пресека услед саобраћајног оптерећења / Rotation of the deck due to traffic load

Опт. 5: [Анв] 2-4



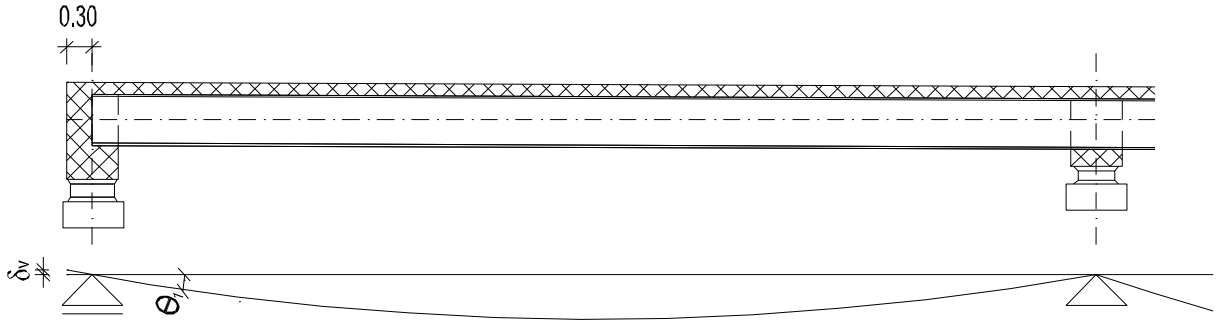
Утицаји у греди: max Yp= 2.04 / min Yp= -0.96 rad / 1000



Утицаји у греди: max Yp= 2.29 / min Yp= -1.16 rad / 1000

θ_1=1.49radx10^{-3} < 3.5radx10^{-3} → услов је испуњен/ Limitations on the rotations are satisfied

θ_2=1.16+2.29=3.45radx10^{-3} < 5radx10^{-3} → услов је испуњен



Вертикално померање δ_v крајева коловозне конструкције услед промењљивог оптерећења не сме бити веће од 3mm, за v<160km/h (СРПС ЕН 1991-2, 6.5.4.5.2).

The vertical displacement of the upper surface of a deck relative to the abutment δ_v due to variable actions are limited to 3mm, for v <160km/h (SRPS EN 1991-2, 6.5.4.5.2).

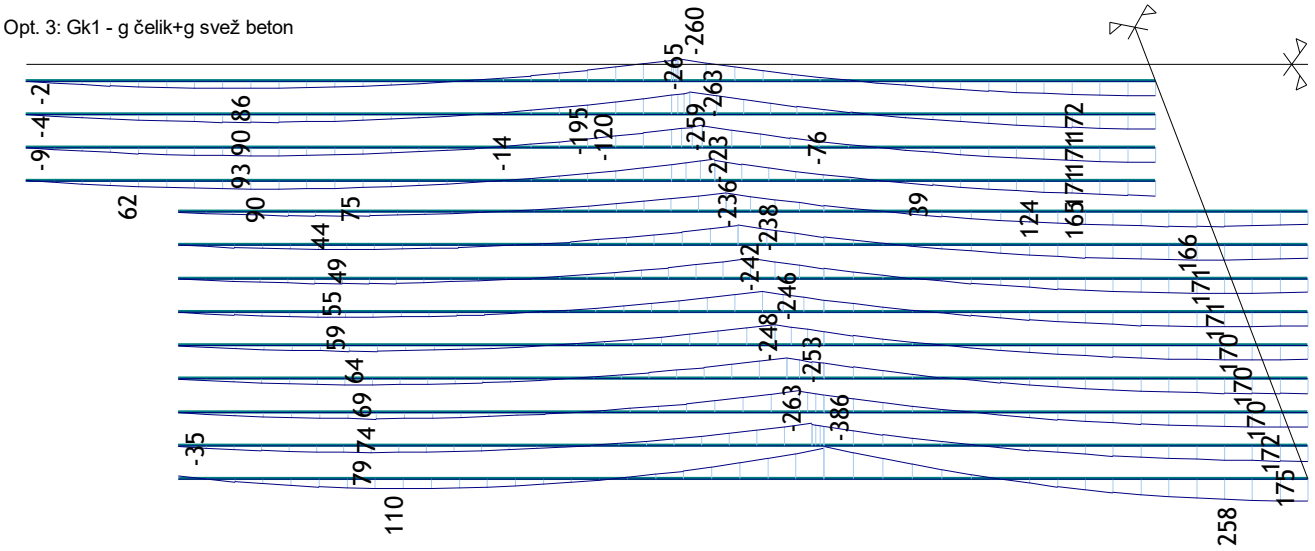
δ_v=1.49·10^{-3}·300=0.45mm < 3mm → услов је задовољен / Limitations is satisfied

5 ГЛАВИ НОСАЧ / MAIN GIRDER

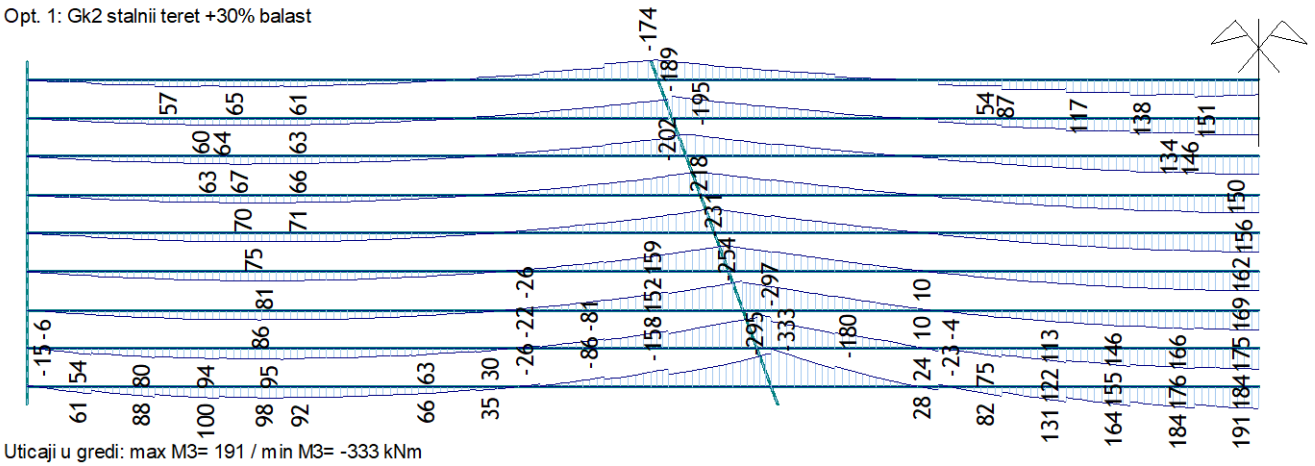
Меродавни статички утицаји за контролу напрезања и граничне носивости, јављају се у ивичном носачу десне коловозне конструкције, као и у ивичном носачу средње коловозне конструкције (означени на скици испод). У наставку ће бити приказани дијаграми утицаја само за поменуте носаче.

Relevant internal forces occur in the end girders of a right and mid structure (marked in the figure below). Diagram of the internal forces and moments are shown only for these girders.

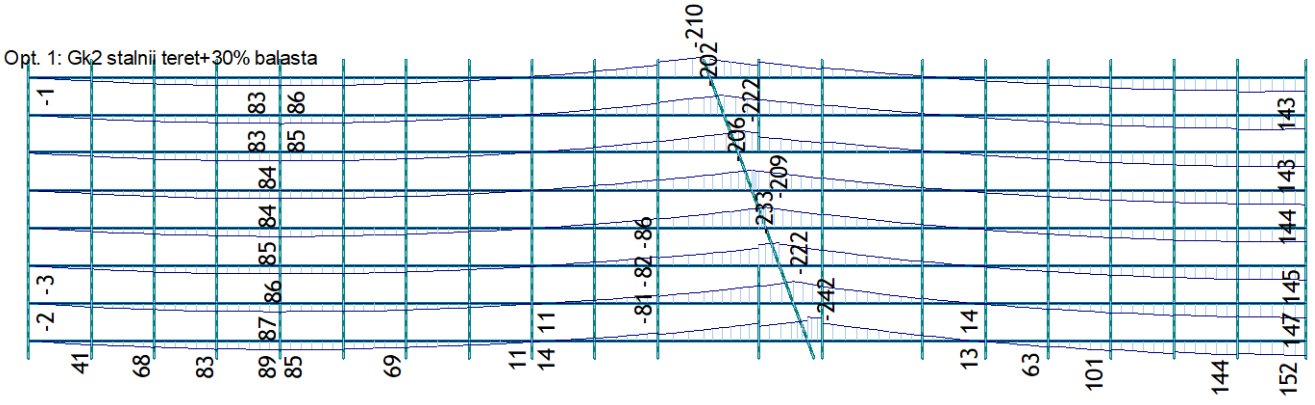
Услед сталних оптерећења најоптерећенији су ивични носачи који прихватају и тежину са конзола.



Uticaji u gredi: max M3= 258 / min M3= -387 kNm

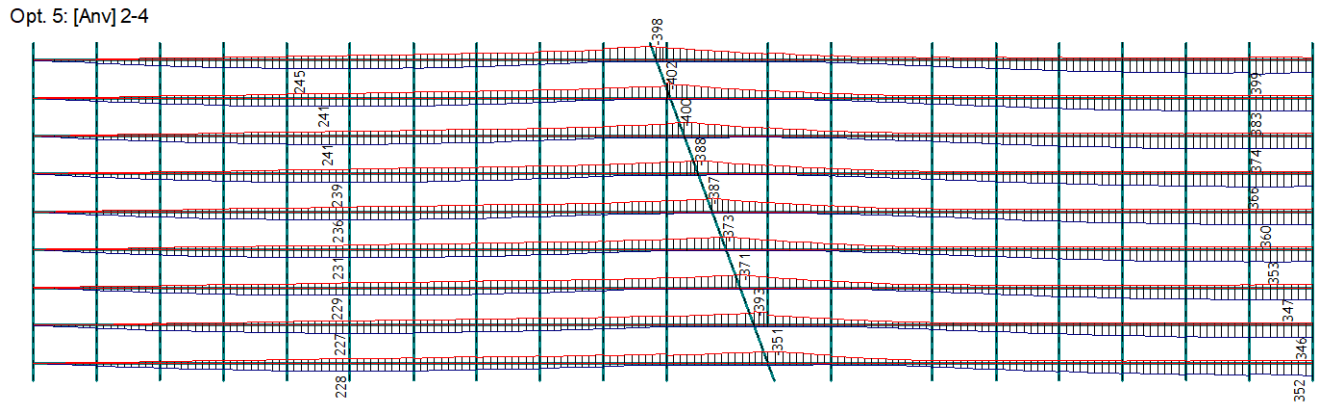


Uticaji u gredi: max M3= 191 / min M3= -333 kNm



Uticaji u gredi: max M3= 152 / min M3= -251 kNm

Десна конструкција – услед саобраћајног оптерећења најоптерећенији је носач уз подужну дилатацију. Међутим када се узме у обзир стални терет, максимални моменти савијања се и даље јављају у ивичном носачу уз конзоле.



Uticaji u gredi: max M3= 399 / min M3= -478 kNm

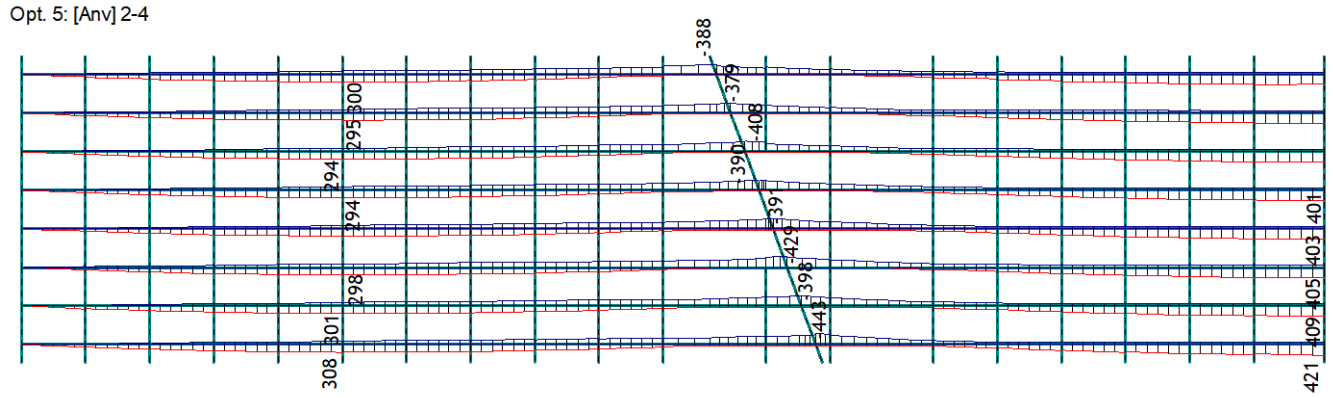
Ивични носач уз конзолу – пресек изнад средњег ослонца :

$1.35G+1.45Q_{v1}=1.35\cdot(386+333)+1.45\cdot351=1480kNm$ $1.00G+1.00Q_{v1}=386+333+351=1070kNm$

Ивични носач уз подужну дилатацију – пресек изнад средњег ослонца :

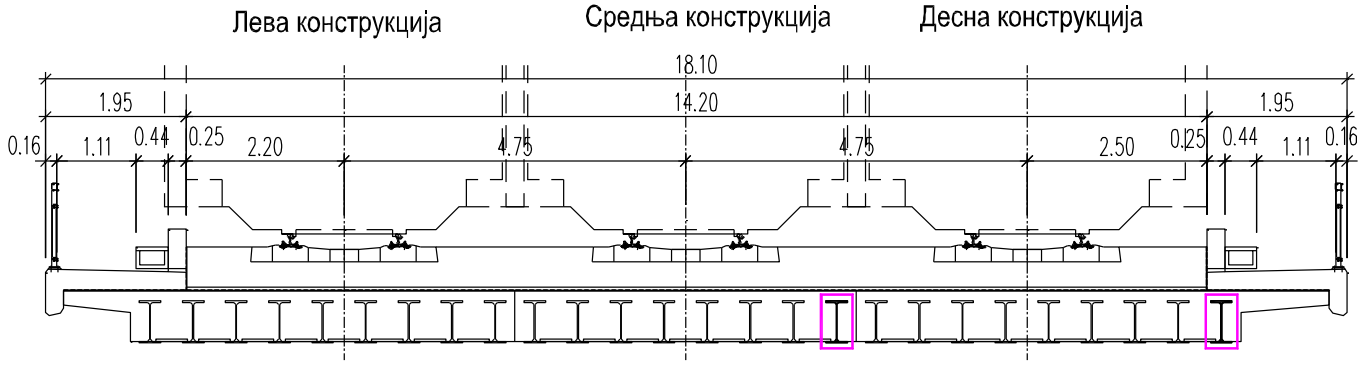
$1.35G+1.45Q_{v1}=1.35\cdot(223+174)+1.45\cdot398=1113kNm$ $1.00G+1.00Q_{v1}=223+174+398=795kNm$

Лева конструкција – услед саобраћајног оптерећења најоптерећенији је ивични носач уз десну конструкцију.



Uticaji u gredi: max M3= 421 / min M3= -443 kNm

Приказ меродавних носача / Relevant girders



5.1 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ У ГЛАВНОМ НОСАЧУ / INTERNAL FORCES AND MOMENTS IN MAIN GIRDER

5.1.1 I Фаза – челични носчи / I Phase – steel girders

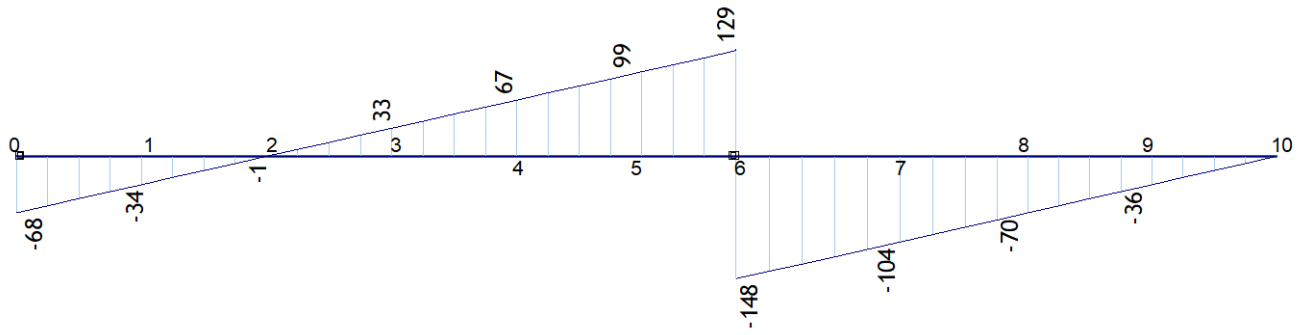
5.1.1.1 Сопствена тежина челичних носача и свежег бетона $G_{k,1}$

Листа случајева оптерећења

No	Назив
1	sopstvena tezina (g)
2	tezina svezeg betona
3	Комб.: Gk1 - gcelik++gbeton (I+II)

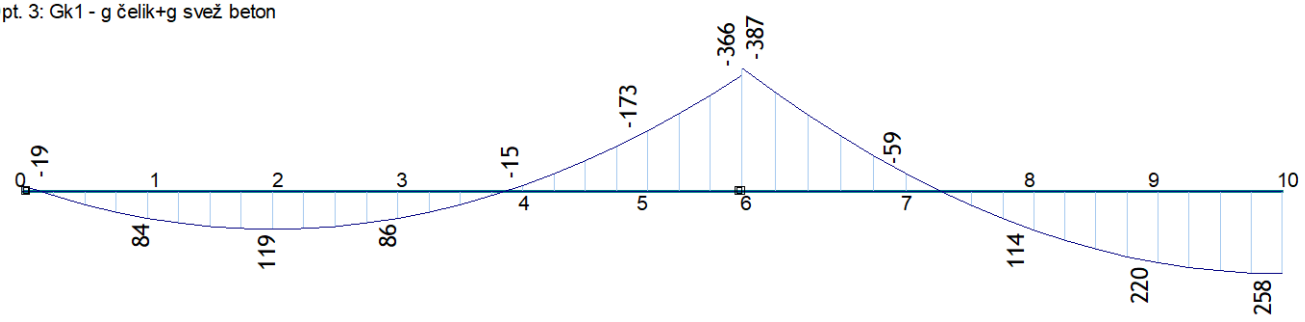
Крајњи носач – десна конструкција / End girder – right structure

Opt. 3: Gk1 - g čelik+g svež beton



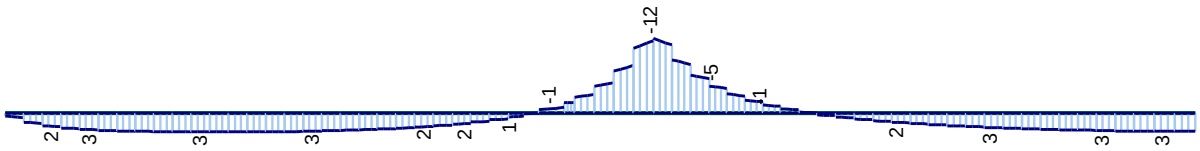
Uticaji u gredi: max T2= 149 / min T2= -148 kN

Opt. 3: Gk1 - g čelik+g svež beton



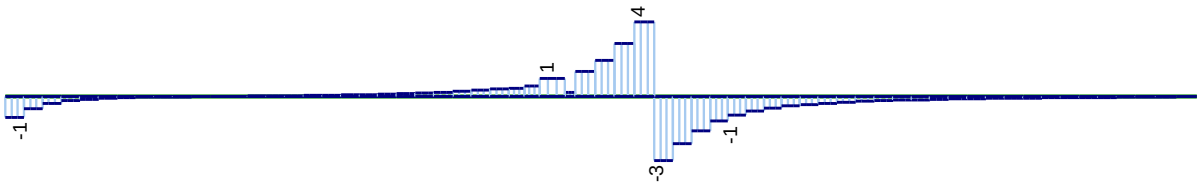
Uticaji u gredi: max M3= 258 / min M3= -387 kNm

Opt. 1: mt - konzole



Uticaji u gredi: max M3= 3 / min M3= -12 kNm

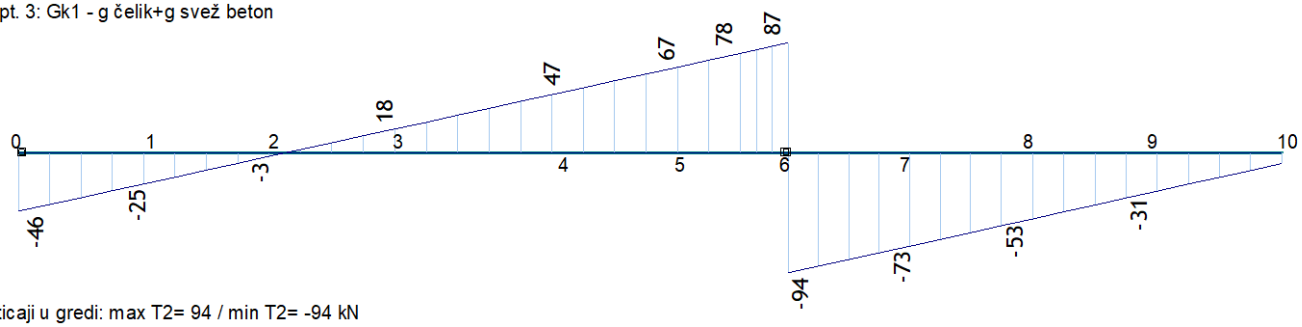
Opt. 1: mt - konzole



Uticaji u gredi: max T2= 4 / min T2= -3 kN

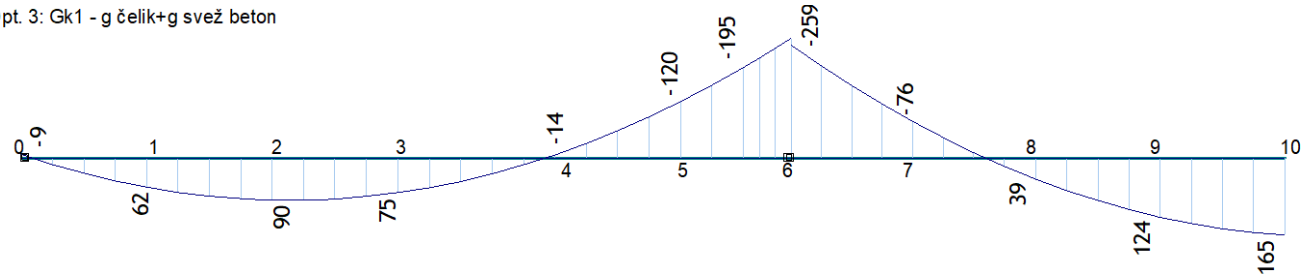
Крајњи носач – срдња конструкција / End girder – mid structure

Opt. 3: Gk1 - g čelik+g svež beton



Uticaji u gredi: max T2= 94 / min T2= -94 kN

Opt. 3: Gk1 - g čelik+g svež beton



Uticaji u gredi: max M3= 168 / min M3= -259 kNm

5.1.2 II Фаза – убетонирани челични носачи / II Phase – filler beams

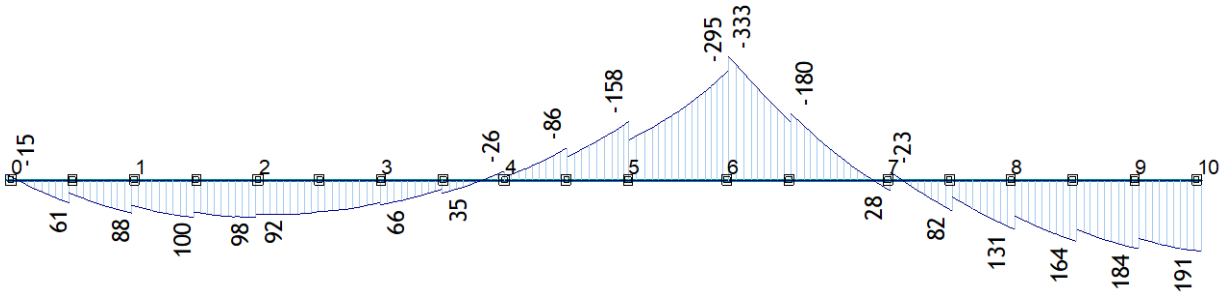
5.1.2.1 Тежина сталног терета $G_{k,2}$

Листа случајева оптерећења

No	Назив
1	Gk2 stalnii teret+30% balasta
2	Gk2 stalnii teret-30% balasta – za kontrolu lezista

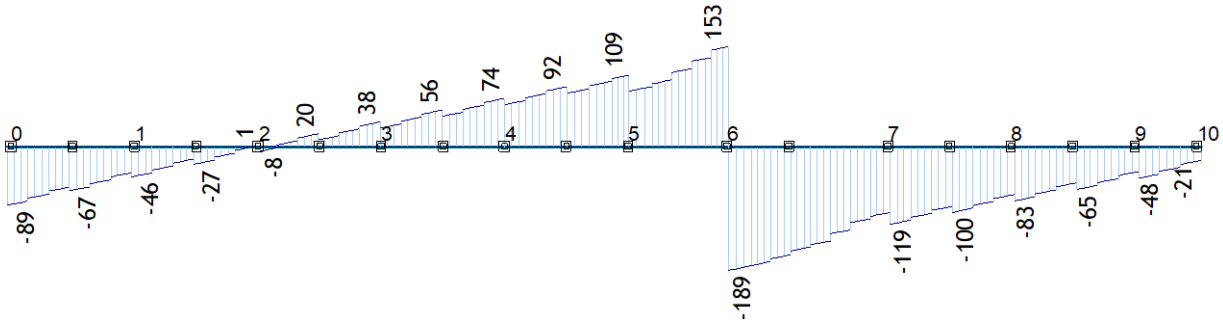
Крајњи носач – десна конструкција / End girder- right structure

Opt. 1: Gk2 stalnii teret +30% balast



Uticaji u gredi: max M3= 191 / min M3= -333 kNm

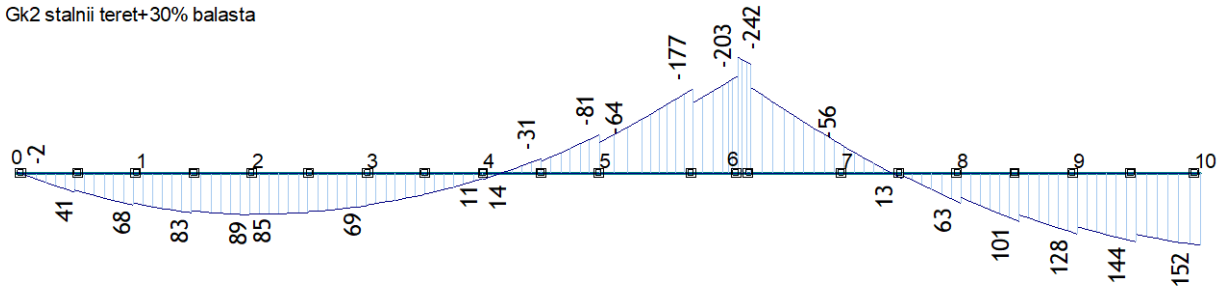
Opt. 1: Gk2 stalnii teret +30% balast



Uticaji u gredi: max T2= 163 / min T2= -189 kN

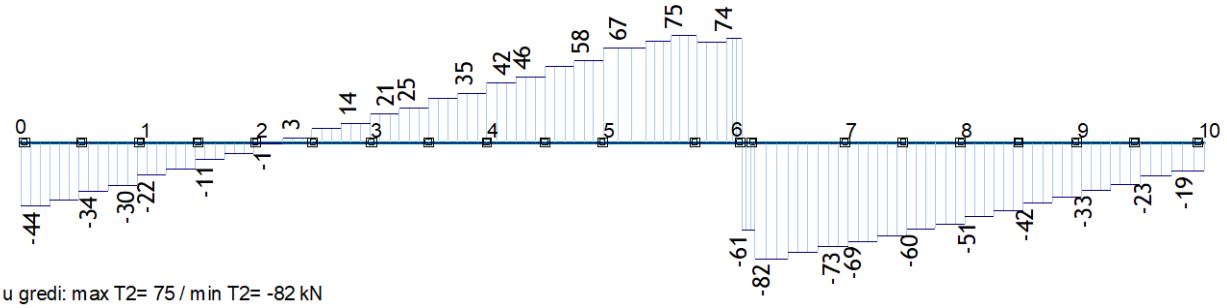
Крајњи носач – средња конструкција / End girder- mid structure

Opt. 1: Gk2 stalnii teret+30% balasta



Uticaji u gredi: max M3= 152 / min M3= -242 kNm

Opt. 1: Gk2 stalnii teret+30% balasta



Uticaji u gredi: max T2= 75 / min T2= -82 kN

5.1.2.2 Саобраћајно оптерећење, шеме LM71, SW/0 и SW/2 - $\alpha \cdot Q_{v1}$

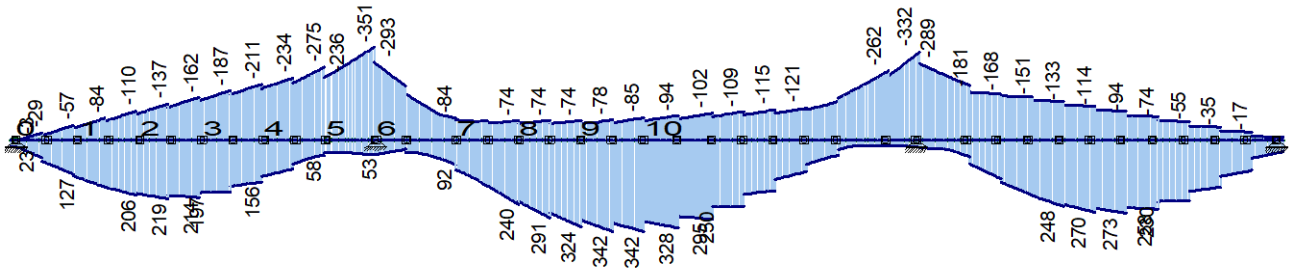
Листа случајева оптерећења

No	Назив
2	axLM71
3	axSW/0
4	SW/2

Крајњи носач – десна конструкција / End girder- right structure

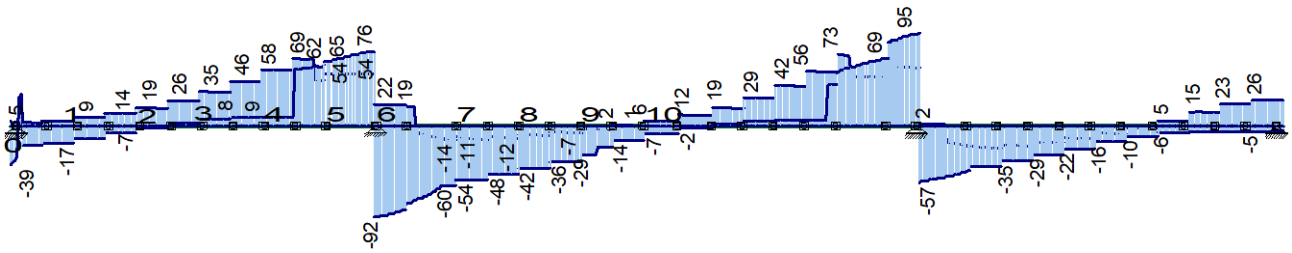
Утицај за extr M3

Opt. 5: [Anv] 2-4



Uticaji u gredi: max M3= 342 / min M3= -351 kNm

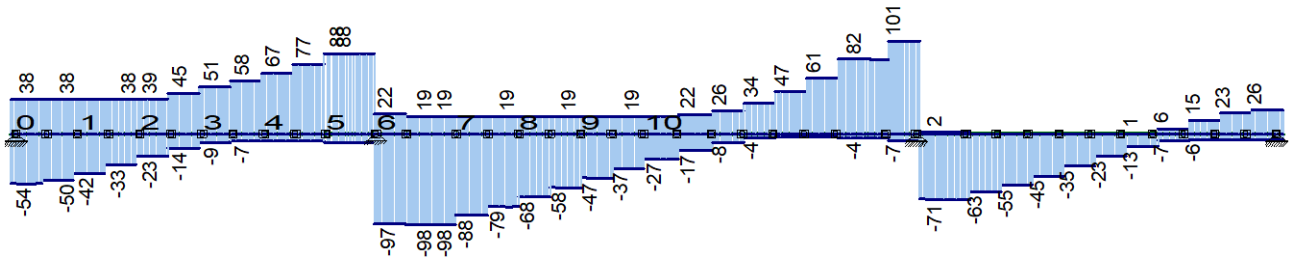
Opt. 5: [Anv] 2-4



Uticaji u gredi: max T2= 95 / min T2= -92 kN

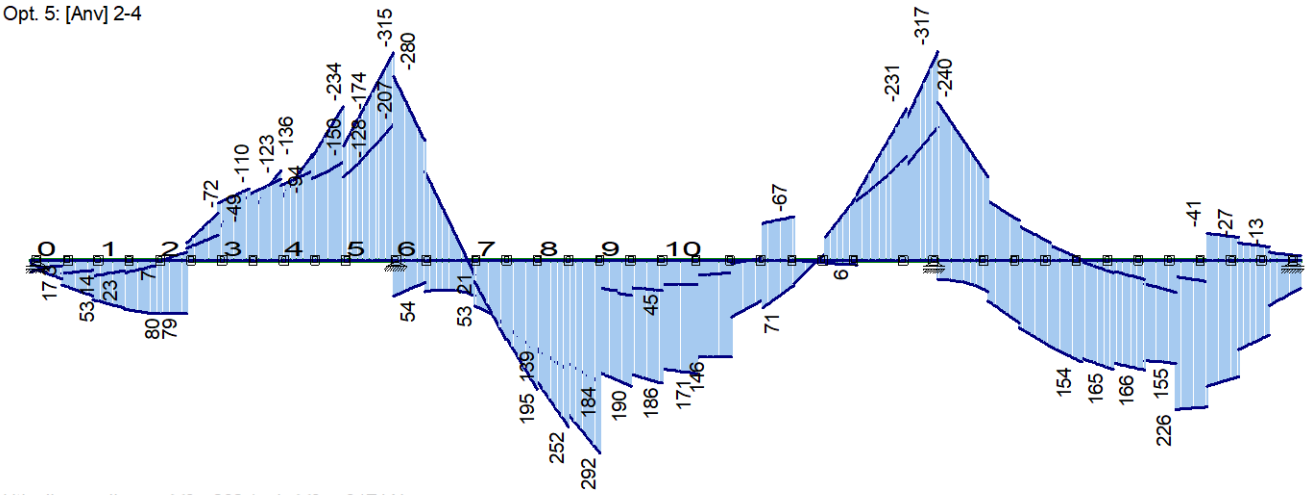
Утицај за extr T2

Opt. 5: [Anv] 2-4



Uticaji u gredi: max T2= 102 / min T2= -98 kN

Opt. 5: [Anv] 2-4

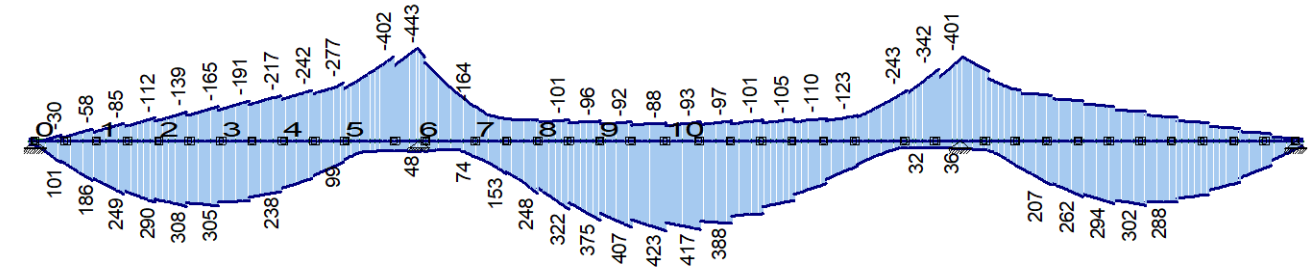


Uticaji u gredi: max M3= 292 / min M3= -317 kNm

Крајњи носач – средња конструкција / End girder- mid structure

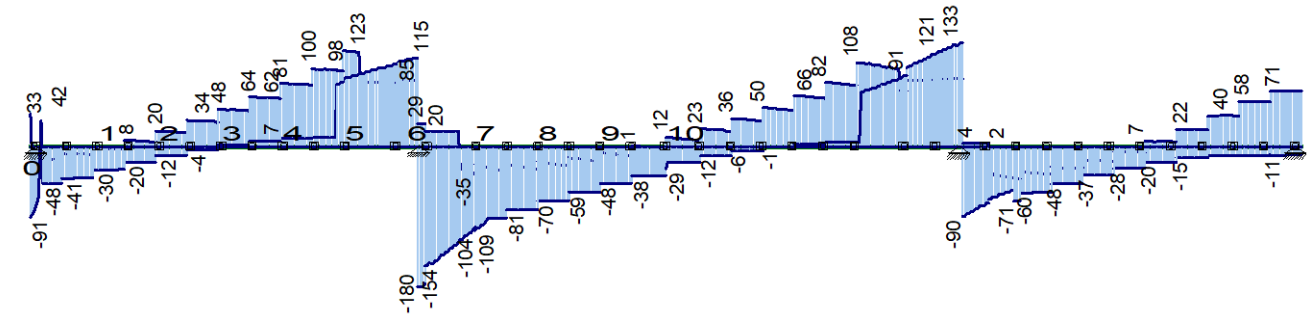
Утицај за extr M3

Opt. 5: [Anv] 2-4



Uticaji u gredi: max M3= 423 / min M3= -443 kNm

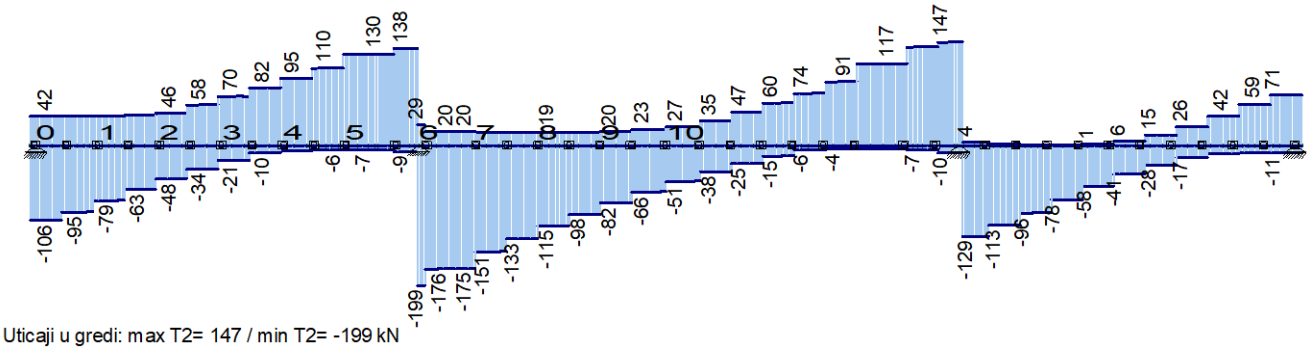
Opt. 5: [Anv] 2-4



Uticaji u gredi: max T2= 133 / min T2= -180 kN

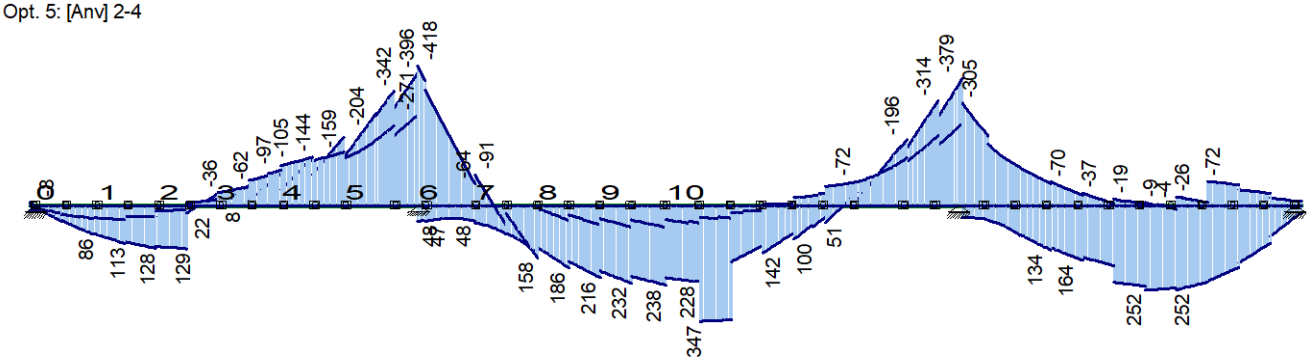
Утицај за extr T2

Opt. 5: [Anv] 2-4



Uticaji u gredi: max T2= 147 / min T2= -199 kN

Opt. 5: [Anv] 2-4



Uticaji u gredi: max M3= 347 / min M3= -418 kNm

5.1.2.3 Силе од кочења и покретања воза Q_{lak} ,Q_{lbk} и сила бочног удара $0.5 \cdot \alpha \cdot Q_{sk}$

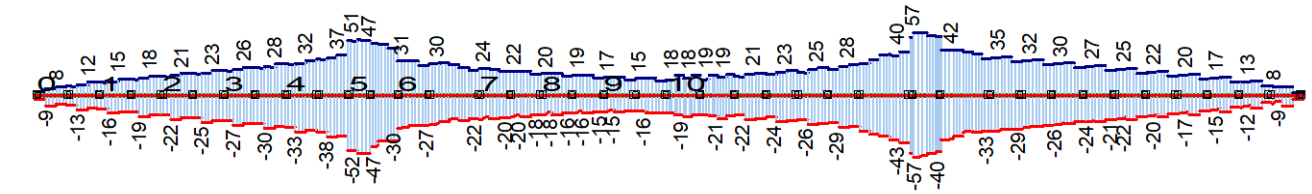
Листа случајева оптерећења

No	Назив
1	axQsk
2	ax0.6xQlak za LM71 i SW/0
3	0.6xQlak za SW/2
4	qfk
5	Fw,train
6	Комб.: 0.5xI+II
7	Комб.: -0.5xI+II
8	Комб.: 0.5xI-1xII
9	Комб.: -0.5xI-1xII
10	Комб.: 0.5xI+III
11	Комб.: -0.5xI+III
12	Комб.: 0.5xI-1xIII
13	Комб.: -0.5xI-1xIII
14	Комб.: 0.8qfk+0.75Fw,train(0.8xIV+0.75xV)

Крајњи носач – десна конструкција / End girder- right structure

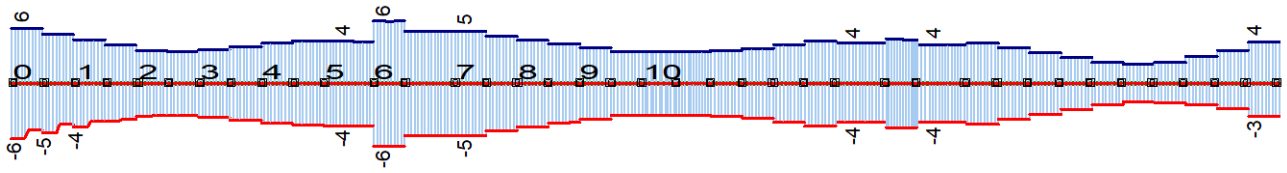
Утицај за extr N1, extr T2 u extr M3

Опт. 15: [Anvelopa 0.5xaxQsk+axQlak(bk)] 1-3,6-13



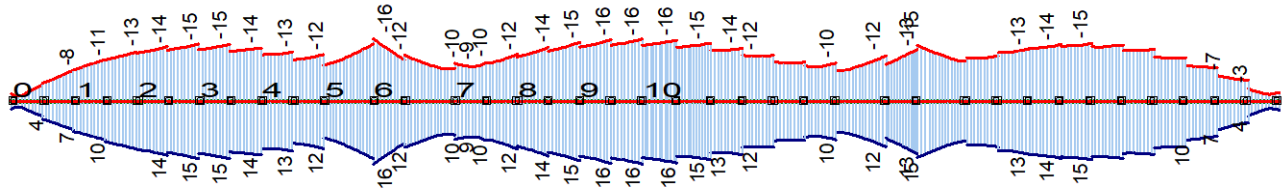
Рам: H_5
Утицаји у греди: max N1= 57 / min N1= -57 kN

Опт. 15: [Anvelopa 0.5xaxQsk+axQlak(bk)] 1-3,6-13



Рам: H_1
Утицаји у греди: max T2= 6 / min T2= -6 kN

Опт. 15: [Anvelopa 0.5xaxQsk+axQlak(bk)] 1-3,6-13

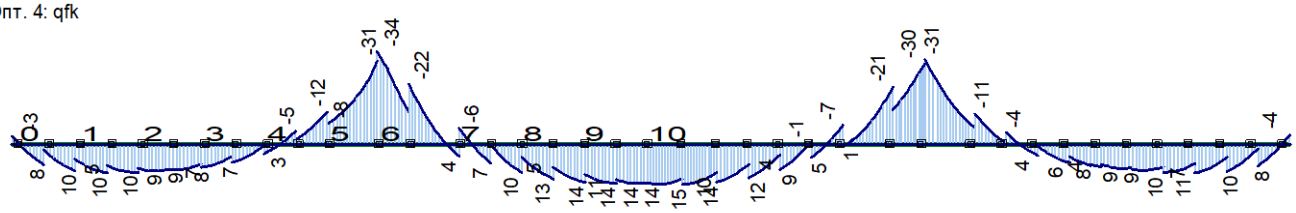


Рам: H_1
Утицаји у греди: max M3= 16 / min M3= -16 kNm

5.1.2.4 Корисно оптерећење на ревизионим стазама q_{fk}

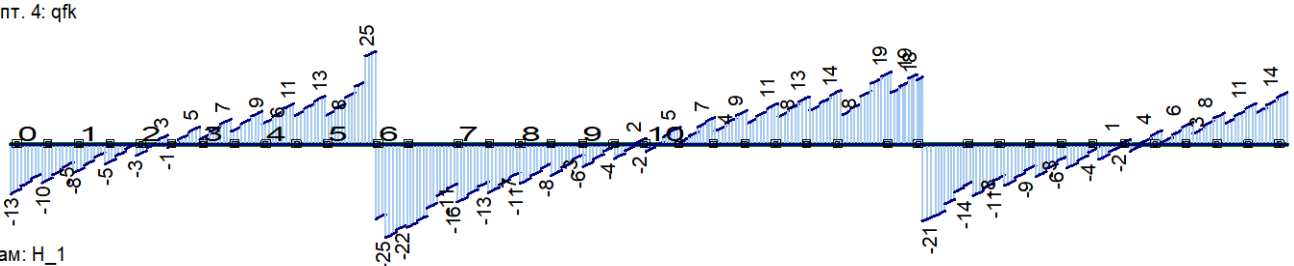
Крајњи носач – десна конструкција / End girder- right structure

Опт. 4: qfk



Рам: H_1
Утицаји у греди: max M3= 15 / min M3= -34 kNm

Опт. 4: qfk

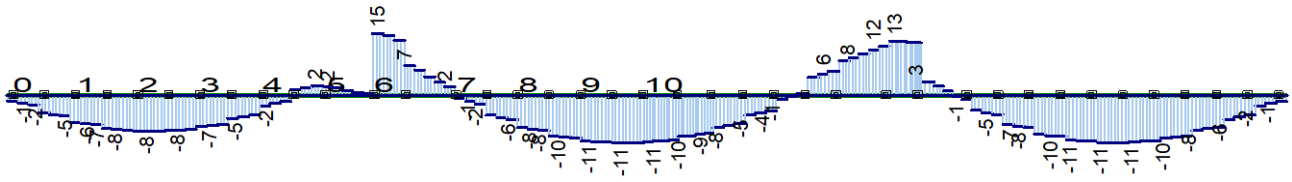


Рам: H_1
Утицаји у греди: max T2= 25 / min T2= -25 kN

5.1.2.5 Оптерећењ ветром

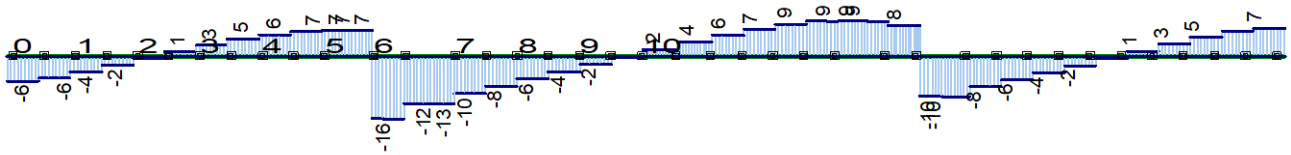
Крајњи носач – десна конструкција / End girder- right structure

Опт. 5: Fw,train



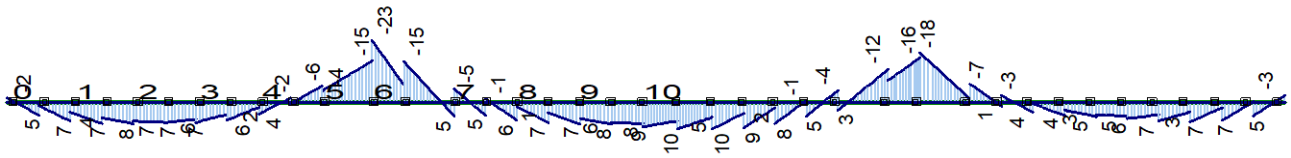
Рам: H_1
Утицаји у греди: max N1= 15 / min N1= -11 kN

Опт. 5: Fw,train



Рам: H_1
Утицаји у греди: max T2= 9 / min T2= -17 kN

Опт. 5: Fw,train



Рам: H_1
Утицаји у греди: max M3= 10 / min M3= -23 kNm

5.1.2.6 Утицај исклизнућа железничких возила на мосту A_d

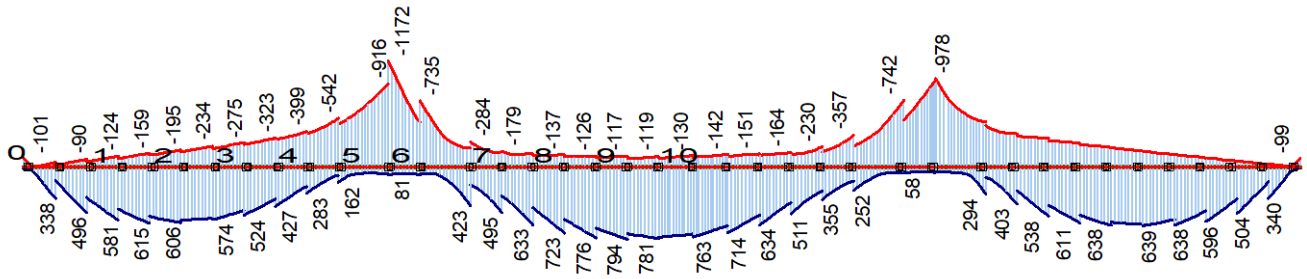
Листа случајева оптерећења

No	Назив
1	QAd1 -0.5s
2	QAd1 -1s
3	QAd1 -1.5s
4	QAd2 -0.5s
5	QAd2 -1s
6	QAd2 -1.5s

Крајњи носач – десна конструкција / End girder- right structure

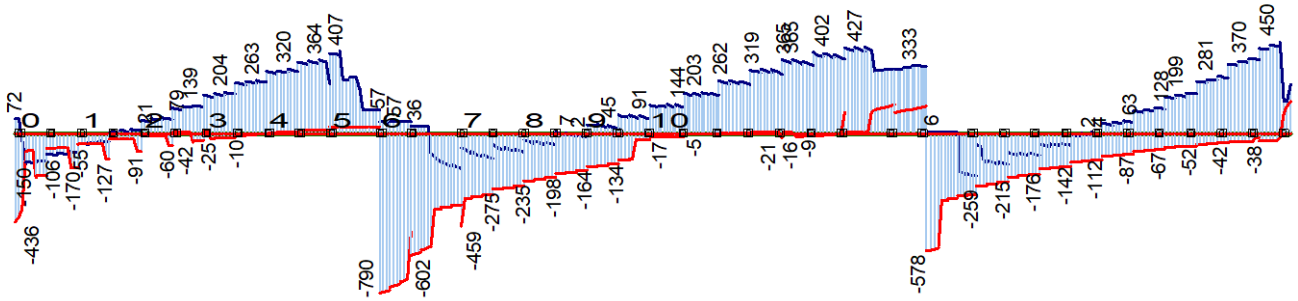
Утицај за extr M3 услед Q_{Ad}

Опт. 7: [Анв] 1-6



Утицаји у греди: max M3= 794 / min M3= -1172 kNm

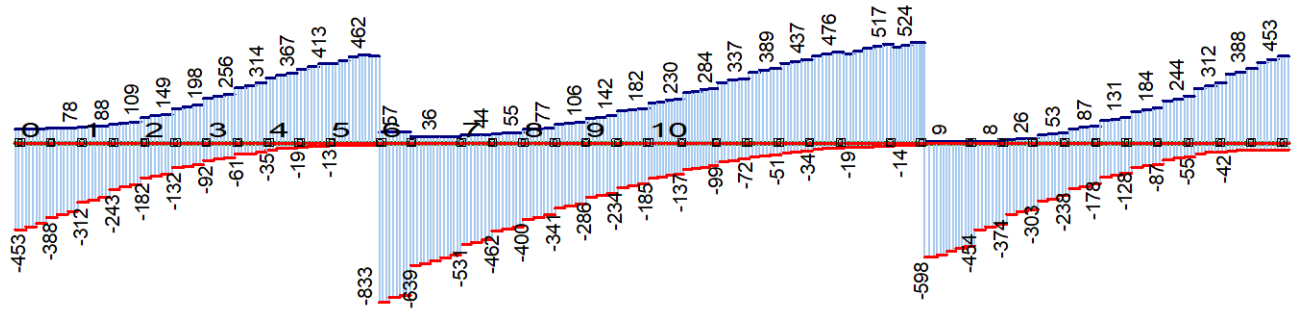
Опт. 7: [Анв] 1-6



Утицаји у греди: max T2= 450 / min T2= -790 kN

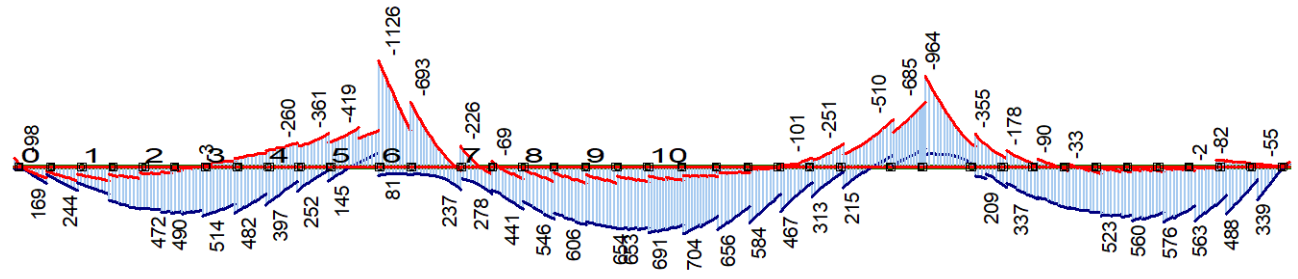
Утицај за extrT2 услед Q_{Ad}

Опт. 7: [Анв] 1-6



Утицаји у греди: max T2= 524 / min T2= -833 kN

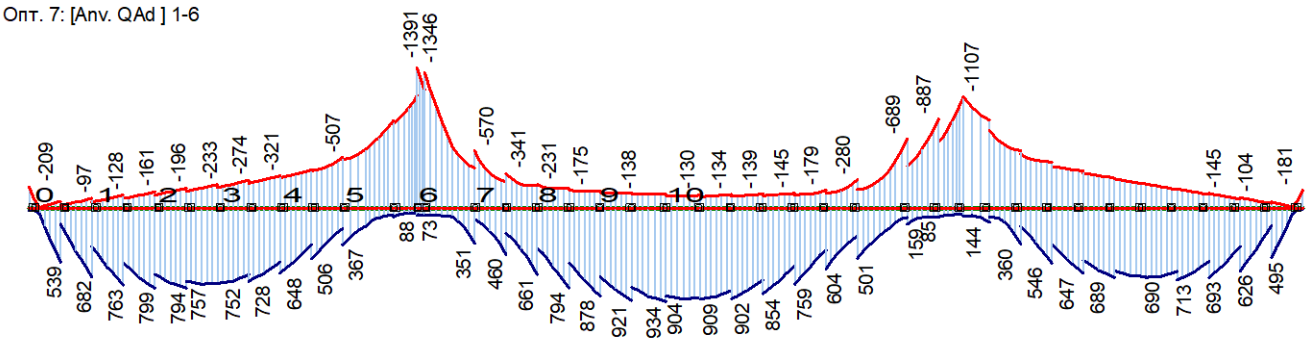
Опт. 7: [Анв] 1-6



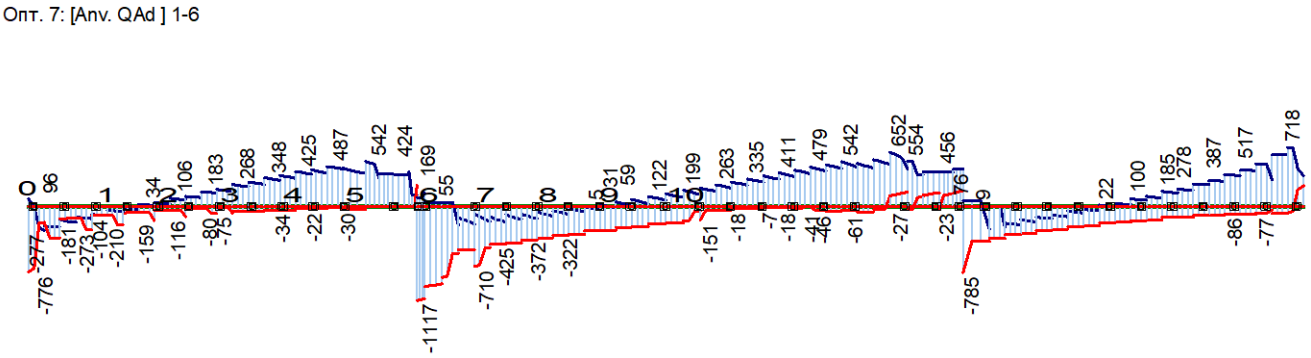
Утицаји у греди: max M3= 704 / min M3= -1126 kNm

Крајњи носач – средња конструкција / End girder- mid structure

Утицај за extr M3 услед Q_{Ad}

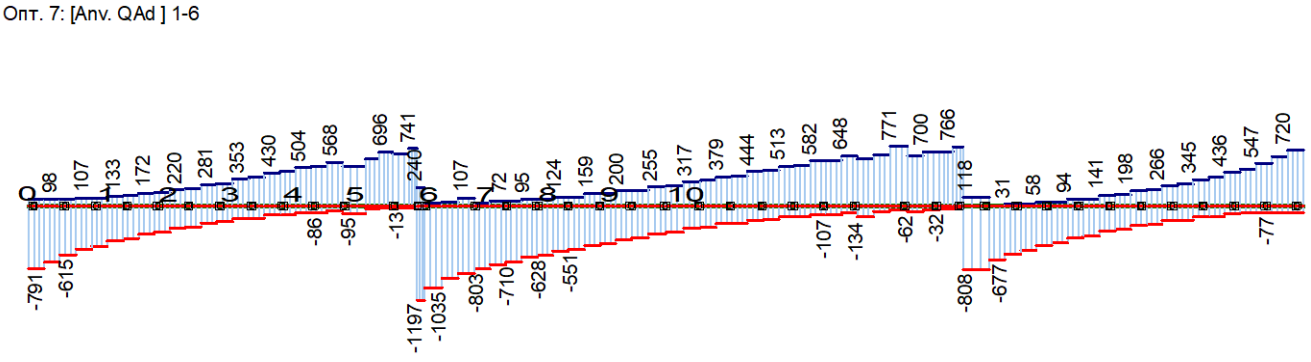


Утицаји у греди: max M3= 934 / min M3= -1391 kNm

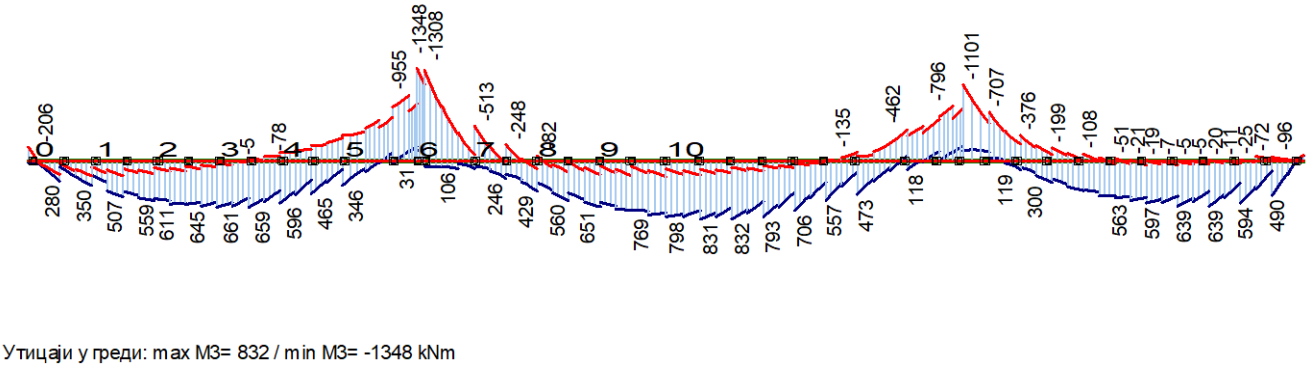


Утицаји у греди: max T2= 718 / min T2= -1117 kN

Утицај за extrT2 услед Q_{Ad}



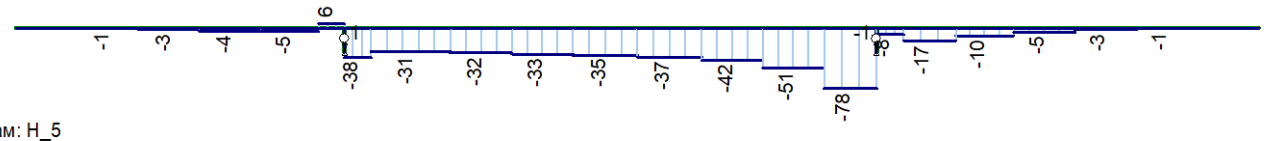
Утицаји у греди: max T2= 771 / min T2= -1197 kN



Утицаји у греди: max M3= 832 / min M3= -1348 kNm

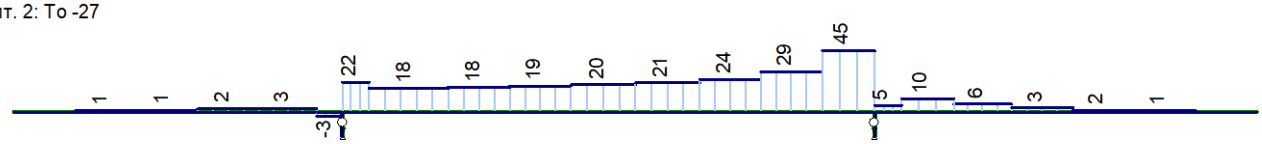
5.1.2.7 Утицај temperature T_k

Опт. 1: To 47



Рам: H_5
Утицаји у греди: max N1= 6 / min N1= -78 kN

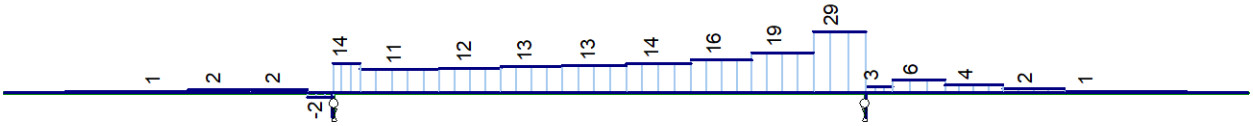
Опт. 2: To -27



Рам: H_5
Утицаји у греди: max N1= 45 / min N1= -3 kN

5.1.2.8 Скупљање S

Опт. 4: Sh



Рам: H_5
Утицаји у греди: max N1= 29 / min N1= -2 kN

5.2 КОНТРОЛА НОРМАЛНИХ НАПОНА / STRESS CONTROL

Дозвољени напони у челику, арматурном челику и бетону:

Stress limits for materials - structural steel, reinforcing steel and concrete:

f_y=	35,5	kN/cm^2	строжији услови у UIC 773	
$\sigma_{st,Ed,ser} \leq$	f_y/1.15=	31	kN/cm^2	(UIC 773, 4.3.3.1)
$\tau_{st,Ed,ser} \leq$	0.45f_y=	16	kN/cm^2	(UIC 773, 4.3.3.1)
$\sigma_{st,Ed,U,ser} \leq$	f_y/1.15=	31	kN/cm^2	(UIC 773, 4.3.3.1)

B500H	f_{yk}=	50	kN/cm^2	строжији услови у UIC 773
$\sigma_{s,Ed,ser} \leq$	f_{yk}/1.5=	33	kN/cm^2	(UIC 773, 4.3.3.3)

C35/45	f_{ck}=	3,5	kN/cm^2	
$\sigma_{c,Ed,ser} \leq$	0.6f_{ck}=	2,1	kN/cm^2	СРПС ЕН 1994-2, 7.2.2; UIC 773, 4.3.3.2
	f_{ctm}=	0,32	kN/cm^2	СРПС ЕН 1994-2, 7.1 уколико је напон
затезања у бетону изнад ове вредности сматра се да је бетон испрскао				

Геометријске карактеристике пресека коришћене за прорачун напона:

Section properties used for stress calculation:

	Geometrijske karakteristike čeličnog preseka / Section properties of steel cross section											
set	A_{st} [cm^2]	$I_{t,st}$ [cm^4]	I_{st} [cm^4]	h [cm]	t_f [cm]	b_f [cm]	t_w [cm]	h_w [cm]	$W_{st,u}$ [cm^3]	$W_{st,w,u}$ [cm^3]	$W_{st,w,o}$ [cm^3]	$W_{st,o}$ [cm^3]
1	226	352	141208	59	2,5	30	1,3	54	4787	5230	5230	4787
2	226	352	141208	59	2,5	30	1,3	54	4787	5230	5230	4787

	Spregnut presek-neisprskali / Composite uncracked sec n_i= 18							
set	$W^{un}_{i,u}$ [cm^3]	$W^{un}_{i,w,u}$ [cm^3]	$W^{un}_{i,w,c,}$ [cm^3]	$W^{un}_{i,w,o}$ [cm^3]	$W^{un}_{i,o}$ [cm^3]	$W^{un}_{i,c,u}$ [cm^3]	$W^{un}_{i,s}$ [cm^3]	$W^{un}_{i,c,o}$ [cm^3]
1	6918	7465	134369	10564	9501	171025		109409
2	6720	7230	130147	11284	10088	181583	8029	113952

Spregnut presek-isprskali / Composite cracked section n_i= 18							
$A^{cr}_{i.u}$ [cm^2]	$W^{cr}_{i.u}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i.w.u}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i.w.o}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i.o}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i.s}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i.c.o}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i.c.u}$ [cm^3]
291	5215	5471	88497	49298		254959	0
293	11075	12774	5521	5178	4501	0	229932

	Spregnut presek-isprskali / Composite cracked section n_v= 6							
set	A^{cr} [cm^3]	$W^{cr}_{i,u}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i,w,u}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i,w,o}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i,o}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i,s}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i,c,o}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i,c,u}$ [cm^3]
1	422	5531	5803	93855	52283		90132	
2	387	11535	13304	5750	5393	4687		79826

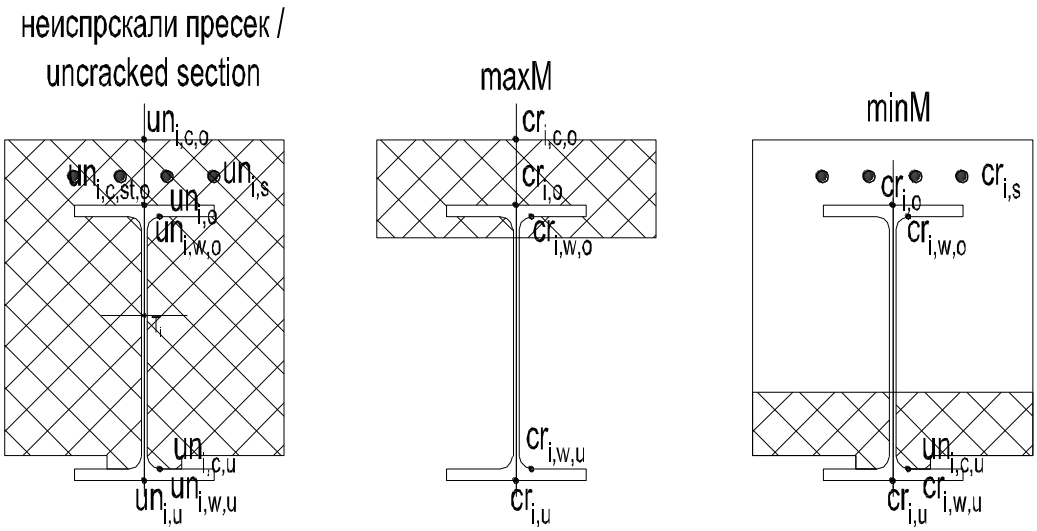
Највећи статички утицаји јављају се у крајњем носачу десне конструкције односно крајњем носачу средње конструкције, као што је приказано у предходном поглављу, стога ће контрола напона у пресецима носача бити приказана само за поменути носач.

Maximum inertial forces and moments occur in the end girder of the left structure, as shown in the previous chapter, therefore the stress control will be shown only for the mentioned girder.

Контрола напона извршена је у карактеристичним тачкама попречног пресека, сходно скицама испод.

σ "+" затезање
I τ I

Конвенција за напоне



5.2.1 Нормални напони за појединачна оптерећења

5.2.1.1 Нормални напони услед сталног оптерећења

Desna konstrukcija			Samo čelični presek / Steel cross section									
Krajnji nosač			$g_{čelik}+g_{svež\ beton}$		$m_{t\ konzole}$		$G_{k1}= g_{čelik}+g_{svež\ beton}$					
Presek	x [m]	set	T2 [kN]	M3 [kNm]	T2 [kN]	M3 [kNm]	$\sigma_{st,u}$ [kN/cm²]	$\sigma_{st,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma_{st,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma_{st,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-68	-19	-1	0	-0,40	-0,36	0,36	0,40	0,98	1,93
1	2,0	1	-34	84	0	3	1,82	1,66	-1,66	-1,82	0,48	2,04
2	4,0	1	-1	119	0	3	2,55	2,33	-2,33	-2,55	0,01	2,55
3	6,0	1	33	86	0	3	1,86	1,70	-1,70	-1,86	0,47	2,07
4	8,0	2	67	-15	0	2	-0,27	-0,25	0,25	0,27	0,95	1,86
5	9,9	2	99	-173	1	-1	-3,64	-3,33	3,33	3,64	1,42	4,55
6l	11,6	2	129	-366	4	-12	-7,90	-7,23	7,23	7,90	1,89	8,70
6d		2	-148	-387	-3	-12	-8,34	-7,63	7,63	8,34	2,15	9,31
7	14,2	2	-104	-59	-1	-1	-1,25	-1,15	1,15	1,25	1,50	3,14
8	16,2	1	-70	114	0	2	2,42	2,22	-2,22	-2,42	1,00	3,09
9	18,2	1	-36	220	0	3	4,66	4,26	-4,26	-4,66	0,51	4,76
10	20,3	1	0	258	0	3	5,45	4,99	-4,99	-5,45	0,00	5,45

Desna konstrukcija			Spregnut presek - neisprskali / Composite uncracked section n_v=18													
Krajnji nosač			G_{k2}= $g_{stalni\ teret\ +30\%\ balasta}$													
Presek	x [m]	set	T2 [kN]	M3 [kNm]	$\sigma^{un}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,c,st,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-89	-15	-0,22	-0,20	-0,01	0,14	0,16	0,01		0,01	1,27	2,45	2,44
1	2,0	1	-46	88	1,27	1,18	0,07	-0,83	-0,93	-0,05		-0,08	0,66	1,73	1,51
2	4,0	1	-8	100	1,45	1,34	0,07	-0,95	-1,05	-0,06		-0,09	0,11	1,36	0,97
3	6,0	1	38	66	0,95	0,88	0,05	-0,62	-0,69	-0,04		-0,06	0,54	1,37	1,21
4	8,0	2	74	-26	-0,39	-0,36	-0,02	0,23	0,26	0,01	0,32	0,02	1,05	2,06	2,04
5	9,9	2	109	-158	-2,35	-2,19	-0,12	1,40	1,57	0,09	1,97	0,14	1,55	3,70	3,30
6l	11,6	2	153	-295	-4,39	-4,08	-0,23	2,61	2,92	0,16	3,67	***0,26***	2,18	5,85	4,94
6d		2	-189	-333	-4,96	-4,61	-0,26	2,95	3,30	0,18	4,15	***0,29***	2,69	6,93	5,96
7	14,2	2	-119	28	0,42	0,39	0,02	-0,25	-0,28	-0,02		-0,02	1,70	3,28	3,27
8	16,2	1	-83	131	1,89	1,75	0,10	-1,24	-1,38	-0,08		-0,12	1,18	2,87	2,59
9	18,2	1	-48	184	2,66	2,46	0,14	-1,74	-1,94	-0,11		-0,17	0,68	2,79	2,18
10	20,3	1	-21	191	2,76	2,56	0,14	-1,81	-2,01	-0,11		-0,17	0,30	2,62	1,90

Srednja konstrukcija			Samo čelični presek / Steel cross section							
Krajnji nosač			G_{k1}= $g_{čelik}$+$g_{svež\ beton}$							
Presek	x [m]	set	T2 [kN]	M3 [kNm]	$\sigma_{st,u}$ [kN/cm²]	$\sigma_{st,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma_{st,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma_{st,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-46	-9	-0,19	-0,17	0,17	0,19	0,66	1,27
1	2,74	1	-25	62	1,30	1,19	-1,19	-1,30	0,36	1,47
2	4,74	1	-3	90	1,88	1,72	-1,72	-1,88	0,04	1,88
3	6,74	1	18	75	1,57	1,43	-1,43	-1,57	0,26	1,64
4	8,74	1	47	-14	-0,29	-0,27	0,27	0,29	0,67	1,32
5	10,74	2	67	-120	-2,51	-2,29	2,29	2,51	0,95	3,11
6l	12,37	2	87	-259	-5,41	-4,95	4,95	5,41	1,24	5,91
6d		2	-94	-259	-5,41	-4,95	4,95	5,41	1,34	5,99
7	14,20	2	-73	-76	-1,59	-1,45	1,45	1,59	1,04	2,55
8	16,20	1	-53	39	0,81	0,75	-0,75	-0,81	0,75	1,67
9	18,20	1	-31	124	2,59	2,37	-2,37	-2,59	0,44	2,73
10	20,30	1	0	165	3,45	3,15	-3,15	-3,45	0,00	3,45

Srednja konstrukcija			Spregnut presek - neisprskali / Composite uncracked section n_v=18													
Krajnji nosač			G_{k2}= $g_{stalni\ teret}$													
Presek	x [m]	set	T2 [kN]	M3 [kNm]	$\sigma^{un}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,c,st,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-44	-1	-0,01	-0,01	0,00	0,01	0,01	0,00		0,00	0,63	1,21	1,21
1	2,74	1	-30	68	0,98	0,91	0,05	-0,64	-0,72	-0,04		-0,06	0,43	1,23	1,04
2	4,74	1	-1	89	1,29	1,19	0,07	-0,84	-0,94	-0,05		-0,08	0,01	1,19	0,84
3	6,74	1	21	69	1,00	0,92	0,05	-0,65	-0,73	-0,04		-0,06	0,30	1,09	0,87
4	8,74	1	42	14	0,20	0,19	0,01	-0,13	-0,15	-0,01		-0,01	0,60	1,17	1,16
5	10,74	2	67	-81	-1,21	-1,12	-0,06	0,72	0,80	0,05	1,01	0,07	0,95	2,15	1,97
6l	12,37	2	74	-242	-3,60	-3,35	-0,19	2,14	2,40	0,14	3,01	**0,21**	1,05	3,91	2,95
6d		2	-82	-242	-3,60	-3,35	-0,19	2,14	2,40	0,14	3,01	**0,21**	1,17	4,03	3,11
7	14,20	2	-69	-56	-0,83	-0,77	-0,04	0,50	0,56	0,03	0,70	0,05	0,98	2,04	1,95
8	16,20	1	-51	63	0,91	0,84	0,05	-0,60	-0,66	-0,04		-0,06	0,73	1,63	1,52
9	18,20	1	-33	128	1,85	1,71	0,10	-1,21	-1,35	-0,07		-0,12	0,47	1,94	1,51
10	20,30	1	-19	152	2,20	2,04	0,11	-1,44	-1,60	-0,09		-0,14	0,27	2,10	1,53

Услед G_{k1}+G_{k2} напон затезања у бетону су нижи од f_{ctm} – бетонски пресек неиспрскао.

Прорачун напона услед додатног сталног терета извршен је и са карактеристикама испрскалог пресека, уз претпоставку да се ће се услед промењљивих оптерећења јавити прслине у бетону које би довеле до прерасподеле напона.

Desna konstrukcija

Krajnji nosač

Presek	x [m]	set	T2 [kN]	M3 [kNm]	Spregnut presek - isprskali / Composite cracked section n_v=18 $g_{stalni\ teret}$									
					$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-89	-15	-0,29	-0,27	0,27	0,29	0,33	-0,01		1,27	2,45	2,45
1	2,0	1	-46	88	1,69	1,61	-0,10	-0,18			-0,03	0,66	2,04	1,26
2	4,0	1	-8	100	1,92	1,83	-0,11	-0,20			-0,04	0,11	1,84	0,25
3	6,0	1	38	66	1,27	1,21	-0,07	-0,13			-0,03	0,54	1,59	1,04
4	8,0	2	74	-26	-0,23	-0,20	0,47	0,50	0,58	-0,01		1,05	2,04	2,08
5	9,9	2	109	-158	-1,43	-1,24	2,86	3,05	3,51	-0,07		1,55	3,23	4,14
6l	11,6	2	153	-295	-2,66	-2,31	5,34	5,70	6,55	-0,13		2,18	4,79	6,79
6d		2	-189	-333	-3,01	-2,61	6,03	6,43	7,40	-0,14		2,69	5,80	7,95
7	14,2	2	-119	28	0,54	0,51	-0,03	-0,06			-0,01	1,70	3,30	3,26
8	16,2	1	-83	131	2,51	2,39	-0,15	-0,27			-0,05	1,18	3,30	2,28
9	18,2	1	-48	184	3,53	3,36	-0,21	-0,37			-0,07	0,68	3,61	1,33
10	20,3	1	-21	191	3,66	3,49	-0,22	-0,39			-0,07	0,30	3,54	0,61

Srednja konstrukcija

Krajnji nosač

Presek	x [m]	set	T2 [kN]	M3 [kNm]	Spregnut presek - isprskali / Composite cracked section n_v=18 $g_{stalni\ teret}$									
					$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-44	-1	-0,01	-0,01	0,02	0,02	0,02	0,00		0,63	1,21	1,21
1	2,74	1	-30	68	1,30	1,24	-0,08	-0,14			-0,03	0,43	1,49	0,83
2	4,74	1	-1	89	1,71	1,63	-0,10	-0,18			-0,03	0,01	1,63	0,10
3	6,74	1	21	69	1,32	1,26	-0,08	-0,14			-0,03	0,30	1,39	0,58
4	8,74	1	42	14	0,27	0,26	-0,02	-0,03			-0,01	0,60	1,18	1,15
5	10,74	2	67	-81	-0,73	-0,63	1,47	1,56	1,80	-0,04		0,95	1,94	2,35
6l	12,37	2	74	-242	-2,19	-1,89	4,38	4,67	5,38	-0,11		1,05	2,77	4,83
6d		2	-82	-242	-2,19	-1,89	4,38	4,67	5,38	-0,11		1,17	2,94	4,93
7	14,20	2	-69	-56	-0,51	-0,44	1,01	1,08	1,24	-0,02		0,98	1,94	2,15
8	16,20	1	-51	63	1,21	1,15	-0,07	-0,13			-0,02	0,73	1,81	1,40
9	18,20	1	-33	128	2,45	2,34	-0,14	-0,26			-0,05	0,47	2,51	0,92
10	20,30	1	-19	152	2,91	2,78	-0,17	-0,31			-0,06	0,27	2,83	0,55

Desna konstrukcija

Krajnji nosač

Presek	x [m]	set	Tk N1 [kN]	S N1 [kN]	S+0.6·T_k						
					$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00
1	2,0	1	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00
2	4,0	1	2	1	0,01	0,01	0,01	0,01			0,01
3	6,0	1	3	2	0,01	0,01	0,01	0,01			0,01
4	8,0	2	6	4	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
5	9,9	2	10	6	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
6l	11,6	2	5	3	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
6d		2	45	29	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	
7	14,2	2	45	29	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	
8	16,2	1	29	19	0,12	0,12	0,12	0,12			0,12
9	18,2	1	24	16	0,10	0,10	0,10	0,10			0,10
10	20,3	1	21	14	0,09	0,09	0,09	0,09			0,09

5.2.1.2 Нормални напони услед промењљивих оптерећења

Напони у карактеристичним тачкама попречног пресека услед промењљивих оптерећења срачунати су са геометријским карактеристикама испрскалог пресека.

Desna konstrukcija	Spregnut presek-isprskali / Composite cracked section														n_v= 6
Krajnji nosač	$\alpha \cdot Q_{v,1}$ maxM		$\Phi 3 \cdot \alpha \cdot Q_{v,1}$ maxM			anvelopa / envelope $\Phi 3 \cdot \alpha \cdot Q_{v,1}$ maxM									
Presek	x [m]	odgT2 [kN]	maxM3 [kNm]	odgT2 [kN]	maxM3 [kNm]	set	$\sigma^{cr}_{i,}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	5	23	6	29	**1**	0,53	0,50	-0,03	-0,06	-0,03	0,09	0,53	0,18
1	2,0	9	134	11	170	**1**	3,08	2,94	-0,18	-0,33	-0,19	0,16	2,95	0,36
2	4,0	14	206	18	262	**1**	4,73	4,51	-0,28	-0,50	-0,29	0,25	4,54	0,56
3	6,0	26	214	33	272	**1**	4,92	4,69	-0,29	-0,52	-0,30	0,47	4,77	0,95
4	8,0	45	156	57	198	**1**	3,59	3,42	-0,21	-0,38	-0,22	0,81	3,76	1,58
5	9,9	47	58	60	74	**1**	1,33	1,27	-0,08	-0,14	-0,08	0,85	2,07	1,64
6l	11,6	54	53	69	67	**1**	1,22	1,16	-0,07	-0,13	-0,07	0,98	2,21	1,88
6d		22	54	28	69	**1**	1,24	1,18	-0,07	-0,13	-0,08	0,40	1,41	0,77
7	14,2	-11	111	-14	141	**1**	2,55	2,43	-0,15	-0,27	-0,16	0,20	2,46	0,41
8	16,2	-12	240	-15	305	**1**	5,52	5,26	-0,33	-0,58	-0,34	0,22	5,27	0,53
9	18,2	-7	324	-9	412	**1**	7,45	7,10	-0,44	-0,79	-0,46	0,13	7,10	0,50
10	20,3	1	342	1	435	**1**	7,86	7,49	-0,46	-0,83	-0,48	0,02	7,49	0,46

Desna konstrukcija	Spregnut presek-isprskali / Composite cracked section														n_v= 6
Krajnji nosač	$\alpha \cdot Q_{v,1}$ minM		$\Phi 3 \cdot \alpha \cdot Q_{v,1}$ minM			anvelopa / envelope $\Phi 3 \cdot \alpha \cdot Q_{v,1}$ minM									
Presek	x [m]	odgT2 [kN]	minM3 [kNm]	odgT2 [kN]	min M3 [kNm]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	-39	-3	-50	-4	**2**	-0,03	-0,03	0,07	0,07	0,08	0,00	0,71	1,36	1,36
1	2,0	-17	-57	-22	-72	**2**	-0,63	-0,54	1,26	1,34	1,55	-0,09	0,31	0,80	1,39
2	4,0	-7	-110	-9	-140	**2**	-1,21	-1,05	2,43	2,59	2,98	-0,18	0,13	1,08	2,44
3	6,0	4	-162	5	-206	**2**	-1,79	-1,55	3,58	3,82	4,39	-0,26	0,07	1,55	3,58
4	8,0	9	-211	11	-268	**2**	-2,32	-2,02	4,66	4,97	5,72	-0,34	0,16	2,04	4,67
5	9,9	62	-275	79	-350	**2**	-3,03	-2,63	6,08	6,48	7,46	-0,44	1,12	3,40	6,45
6l	11,6	76	-351	97	-446	**2**	-3,87	-3,35	7,76	8,27	9,52	-0,56	1,38	4,27	8,20
6d		-92	-293	-117	-372	**2**	-3,23	-2,80	6,48	6,91	7,94	-0,47	1,67	4,25	7,23
7	14,2	-60	-84	-76	-107	**2**	-0,93	-0,80	1,86	1,98	2,28	-0,13	1,09	2,24	2,80
8	16,2	-48	-74	-61	-94	**2**	-0,82	-0,71	1,64	1,74	2,01	-0,12	0,87	1,82	2,34
9	18,2	-36	-74	-46	-94	**2**	-0,82	-0,71	1,64	1,74	2,01	-0,12	0,65	1,44	2,06
10	20,3	-14	-85	-18	-108	**2**	-0,94	-0,81	1,88	2,00	2,30	-0,14	0,25	0,95	1,94

Desna konstrukcija	Spregnut presek-isprskali / Composite cracked section													n_v= 6
Krajnji nosač	$\alpha \cdot Q_{v,1}$ extrV		$\Phi 3 \cdot \alpha \cdot Q_{v,1}$ extr V		anvelopa / envelope $\Phi 3 \cdot \alpha \cdot Q_{v,1}$ extrV									
Presek	x [m]	extT2 [kN]	odgM3 [kNm]	extT2 [kN]	odgM3 [kNm]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	-54	3	-69	4	**1**	0,07	0,07	0,00	-0,01	0,98	1,88	1,88
1	2,0	-50	14	-64	18	**1**	0,32	0,31	-0,02	-0,03	0,91	1,77	1,74
2	4,0	39	79	50	100	**1**	1,82	1,73	-0,11	-0,19	0,71	2,20	1,36
3	6,0	51	-49	65	-62	**2**	-0,54	-0,47	1,08	1,15	0,92	1,84	2,08
4	8,0	67	-94	85	-119	**2**	-1,04	-0,90	2,08	2,22	1,21	2,50	3,12
5	9,9	88	-174	112	-221	**2**	-1,92	-1,66	3,85	4,10	1,59	3,49	4,92
6l	11,6	88	-315	112	-400	**2**	-3,47	-3,01	6,96	7,42	1,59	4,30	7,61
6d		-97	-280	-123	-356	**2**	-3,09	-2,67	6,19	6,60	1,76	4,31	7,05
7	14,2	-98	-136	-125	-173	**2**	-1,50	-1,30	3,01	3,21	1,77	3,65	4,55
8	16,2	-79	-195	-100	-248	**2**	-2,15	-1,86	4,31	4,60	1,43	3,32	5,11
9	18,2	-58	292	-74	371	**1**	6,71	6,40	-0,40	-0,71	1,05	6,71	2,06
10	20,3	-37	45	-47	57	**1**	1,03	0,99	-0,06	-0,11	0,67	1,62	1,29

Spregnut presek-isprskali / Composite cracked section														n_v= 6
anvelopa / envelope $\alpha \cdot 0.5 \cdot Q_{sk} + \alpha \cdot Q_{lak(lbk)}$														
maxN1 [kN]	maxT2 [kN]	max M3 [kNm]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]	
109	6	2	**1**	0.29	0.29	0.26	0.25			-0.26	0.09	0.34	0.30	
195	5	8	**1**	0.61	0.60	0.45	0.45			-0.47	0.07	0.61	0.47	
183	4	13	**1**	0.67	0.66	0.42	0.41			-0.45	0.06	0.67	0.43	
162	3	15	**1**	0.65	0.64	0.37	0.35			-0.40	0.04	0.65	0.38	
141	4	14	**2**	0.49	0.47	0.12	0.11	0.66	-0.38		0.06	0.48	0.16	
128	4	12	**2**	0.44	0.42	0.12	0.11	0.59	-0.35		0.06	0.44	0.16	
124	4	15	**2**	0.45	0.43	0.06	0.04	0.64	-0.34		0.06	0.45	0.12	
117	6	16	**2**	0.44	0.42	0.02	0.01	0.64	-0.32		0.09	0.45	0.17	
116	5	10	**2**	0.39	0.38	0.13	0.11	0.51	-0.31		0.07	0.40	0.19	
112	5	12	**1**	0.48	0.47	0.25	0.24			-0.28	0.07	0.49	0.29	
106	4	15	**1**	0.52	0.51	0.23	0.22			-0.27	0.06	0.52	0.26	
98	3	16	**1**	0.52	0.51	0.21	0.20			-0.25	0.04	0.51	0.23	

Desna konstrukcija	Spregnut presek-isprskali / Composite cracked section														n_v= 6
Krajnji nosač	0.8qfk+0.75Fw,train														
Presek	x [m]	set	N1 [kN]	T2 [kN]	M3 [kNm]	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]	
0	0,0	1	1	-15	-4	-0,03	-0,03	0,07	0,08		0,00		0,21	0,41	0,42	
1	2,0	1	4	-9	13	0,24	0,23	0,00	-0,02			-0,02	0,13	0,34	0,25	
2	4,0	1	6	-3	14	0,27	0,26	0,00	-0,01			-0,03	0,04	0,27	0,08	
3	6,0	1	6	7	12	0,23	0,22	0,00	-0,01			-0,03	0,10	0,29	0,19	
4	8,0	2	4	10	6	0,06	0,06	-0,09	-0,10			-0,02	0,14	0,28	0,29	
5	9,9	2	2	15	-14	-0,12	-0,10	0,25	0,26	0,30	-0,02		0,21	0,42	0,48	
6l	11,6	2	0	25	-36	-0,31	-0,27	0,63	0,67	0,77	-0,05		0,36	0,74	0,93	
6d		2	11	-32	-45	-0,36	-0,31	0,81	0,86	0,99	-0,08		0,46	0,93	1,19	
7	14,2	2	2	-20	-9	-0,07	-0,06	0,16	0,17	0,20	-0,02		0,28	0,55	0,57	
8	16,2	1	4	-13	13	0,24	0,23	0,00	-0,02			-0,02	0,19	0,43	0,36	
9	18,2	1	8	-6	17	0,33	0,31	0,00	-0,01			-0,04	0,09	0,35	0,16	
10	20,3	1	8	0	18	0,34	0,33	0,00	-0,02			-0,04	0,00	0,33	0,00	

Srednja konstru	Spregnut presek-isprskali / Composite cracked section															n_v= 6
Krajnji nosač	α·Qk1 maxM			Φ3·α·Qk1 maxM			anvelopa / envelope Φ3·α·Qk1 maxM									
Presek	x [m]	odgT2 [kN]	maxM3 [kNm]	odgT2 [kN]	maxM3 [kNm]	set	$\sigma^{cr}_{i,}$ N/cm²	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]		
0	0,0	42	15	53	19	**1**	0,34	0,33	-0,02	-0,04	-0,02	0,76	1,50	1,46		
1	2,74	-11	186	-14	236	**1**	4,27	4,07	-0,25	-0,45	-0,26	0,20	4,09	0,46		
2	4,74	6	290	8	369	**1**	6,66	6,35	-0,39	-0,70	-0,41	0,11	6,36	0,44		
3	6,74	31	305	39	388	**1**	7,01	6,68	-0,41	-0,74	-0,43	0,56	6,77	1,16		
4	8,74	62	238	79	302	**1**	5,47	5,21	-0,32	-0,58	-0,34	1,12	5,64	2,18		
5	10,74	98	99	125	126	**1**	2,28	2,17	-0,13	-0,24	-0,14	1,77	4,04	3,42		
6l	12,37	85	48	108	61	**1**	1,10	1,05	-0,07	-0,12	-0,07	1,54	3,14	2,96		
6d		29	48	37	61	**1**	1,10	1,05	-0,07	-0,12	-0,07	0,53	1,46	1,01		
7	14,20	-35	74	-44	94	**1**	1,70	1,62	-0,10	-0,18	-0,10	0,63	2,03	1,22		
8	16,20	-29	248	-37	315	**1**	5,70	5,43	-0,34	-0,60	-0,35	0,53	5,53	1,06		
9	18,20	-19	375	-24	477	**1**	8,62	8,21	-0,51	-0,91	-0,53	0,34	8,24	0,83		
10	20,30	-2	423	-3	538	**1**	9,72	9,27	-0,57	-1,03	-0,60	0,04	9,27	0,58		

Srednja konstru	Spregnut presek-isprskali / Composite cracked section													n_v=	6
Krajnji nosač	α·Qk1 minM		Φ3·α·Qk1 minM		anvelopa / envelope Φ3·α·Qk1 minM										
Presek	x [m]	odgT2 [kN]	minM3 [kNm]	odgT2 [kN]	min M3 [kNm]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	-91	-12	-116	-15	**2**	-0,13	-0,11	0,27	0,28	0,33	-0,02	1,65	3,17	3,18
1	2,74	-41	-58	-52	-74	**2**	-0,64	-0,55	1,28	1,37	1,57	-0,09	0,74	1,53	1,92
2	4,74	-20	-112	-25	-142	**2**	-1,23	-1,07	2,48	2,64	3,04	-0,18	0,36	1,28	2,57
3	6,74	-4	-165	-5	-210	**2**	-1,82	-1,58	3,65	3,89	4,47	-0,26	0,07	1,58	3,65
4	8,74	7	-217	9	-276	**2**	-2,39	-2,07	4,80	5,11	5,88	-0,35	0,13	2,09	4,80
5	10,74	83	-277	105	-352	**2**	-3,05	-2,65	6,12	6,53	7,51	-0,44	1,50	3,92	6,77
6l	12,37	115	-443	146	-563	**2**	-4,88	-4,23	9,79	10,44	12,01	-0,71	2,08	5,83	10,58
6d		-180	-443	-229	-563	**2**	-4,88	-4,23	9,79	10,44	12,01	-0,71	3,26	7,56	11,63
7	14,20	-104	-164	-132	-208	**2**	-1,81	-1,57	3,62	3,87	4,45	-0,26	1,88	3,95	5,12
8	16,20	-81	-105	-103	-133	**2**	-1,16	-1,00	2,32	2,47	2,85	-0,17	1,47	2,99	3,65
9	18,20	-59	-96	-75	-122	**2**	-1,06	-0,92	2,12	2,26	2,60	-0,15	1,07	2,25	2,95
10	20,30	-38	-88	-48	-112	**2**	-0,97	-0,84	1,95	2,07	2,39	-0,14	0,69	1,57	2,35

Srednja konstrukcija	Spregnut presek-isprskali / Composite cracked section												n_v=	6
Krajnji nosač	Qk1 extr T			Φ3·Qk1 extr T		anvelopa / envelope Φ3·Qk1 extrT								
Presek	x [m]	set	extT2 [kN]	odgM3 [kNm]	extT2 [kN]	odgM3 [kNm]	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]	
0	0,0	1	-106	-8	-135	-10	-0,18	-0,18	0,01	0,02	1,92	3,70	3,69	
1	2,74	1	-95	38	-121	48	0,87	0,83	-0,05	-0,09	1,72	3,41	3,31	
2	4,74	1	-63	33	-80	42	0,76	0,72	-0,04	-0,08	1,14	2,31	2,19	
3	6,74	1	70	8	89	10	0,18	0,18	-0,01	-0,02	1,27	2,44	2,44	
4	8,74	1	95	-48	121	-61	-0,53	-0,46	1,06	1,13	1,72	3,34	3,47	
5	10,74	2	130	-142	165	-180	-1,56	-1,36	3,14	3,35	2,35	4,73	5,51	
6l	12,37	2	138	-396	175	-503	-4,36	-3,78	8,75	9,33	2,50	6,12	9,99	
6d		2	-199	-418	-253	-531	-4,61	-3,99	9,24	9,85	3,60	8,00	11,55	
7	14,20	2	-175	-345	-222	-438	-3,80	-3,30	7,63	8,13	3,17	6,93	9,76	
8	16,20	1	-133	158	-169	201	3,63	3,46	-0,21	-0,38	2,41	5,78	4,64	
9	18,20	1	-98	58	-125	74	1,33	1,27	-0,08	-0,14	1,77	3,64	3,41	
10	20,30	1	-66	65	-84	83	1,49	1,42	-0,09	-0,16	1,19	2,70	2,30	

5.2.1.3 Контрола напона услед квази-сталне и карактеристичне комбинације оптерећења

Desna konstrukcija	*комбинација 2.3.1*											
Krajnji nosač	$G^{st}_{k,1}+G^{un}_{k,2}$											
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-0,61	-0,56	0,51	0,55		-0,01	0,01	1,27	2,50	2,49
1	2,0	1	3,09	2,84	-2,50	-2,74		0,07	-0,08	0,66	3,11	2,80
2	4,0	1	3,99	3,67	-3,28	-3,60		0,07	-0,09	0,11	3,68	3,29
3	6,0	1	2,81	2,59	-2,33	-2,55		0,05	-0,06	0,54	2,79	2,55
4	8,0	2	-0,66	-0,61	0,48	0,53	0,32	-0,02	0,02	1,05	2,12	2,08
5	9,9	2	-5,99	-5,51	4,73	5,20	1,97	-0,12	0,14	1,55	6,27	5,59
6l	11,6	2	-12,29	-11,31	9,84	10,82	3,67	-0,23	***0,26***	2,18	12,06	10,70
6d		2	-13,29	-12,23	10,58	11,64	4,15	-0,26	***0,29***	2,69	13,29	11,78
7	14,2	2	-0,84	-0,76	0,90	0,98		0,02	-0,02	1,70	3,35	3,38
8	16,2	1	4,32	3,97	-3,46	-3,80		0,10	-0,12	1,18	4,58	4,14
9	18,2	1	7,32	6,73	-6,01	-6,60		0,14	-0,17	0,68	6,86	6,15
10	20,3	1	8,21	7,55	-6,80	-7,46		0,14	-0,17	0,30	7,57	6,82

Srednja konstrukcija Krajnji nosač			*комбинација 2.3.1* $G^{st}_{k,1}+G^{un}_{k,2}$									
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-0,20	-0,19	0,18	0,20	0,00	0,00	0,00	1,28	2,47	2,47
1	2,0	1	2,28	2,10	-1,83	-2,01	0,00	0,05	-0,06	0,78	2,58	2,37
2	4,0	1	3,17	2,91	-2,56	-2,82	0,00	0,07	-0,08	0,06	2,92	2,57
3	6,0	1	2,56	2,36	-2,09	-2,29	0,00	0,05	-0,06	0,56	2,59	2,34
4	8,0	1	-0,09	-0,08	0,14	0,15	0,00	0,01	-0,01	1,27	2,44	2,44
5	9,9	2	-3,71	-3,41	3,01	3,31	1,01	-0,06	0,07	1,91	5,01	4,75
6l	11,6	2	-9,01	-8,30	7,10	7,81	3,01	-0,19	0,21	2,29	9,40	8,36
6d		2	-9,01	-8,30	7,10	7,81	3,01	-0,19	0,21	2,51	9,60	8,58
7	14,2	2	-2,42	-2,23	1,95	2,14	0,70	-0,04	0,05	2,02	4,48	4,35
8	16,2	1	1,73	1,59	-1,34	-1,48	0,00	0,05	-0,06	1,48	3,26	3,15
9	18,2	1	4,44	4,09	-3,58	-3,94	0,00	0,10	-0,12	0,91	4,45	3,99
10	20,3	1	5,64	5,19	-4,59	-5,05	0,00	0,11	-0,14	0,27	5,22	4,62

Услед квази-сталне комбинације оптерећења напон затезања у бетону су нижи од f_{ctm} – бетонски пресек неиспрскао.

Due to quasi-permanent combination, the tensile stress in concrete does not exceed f_{ctm} - cross-sections is uncracked.

Desna konstrukcija Krajnji nosač			*комбинација 2.1.1* $G^{st}_{k,1}+G^{un}_{k,2}+\Phi_3 \cdot Q_{v,1}$ (maxM)									
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-0,09	-0,06	0,47	0,50		0,01	-0,02	2,34	4,50	4,53
1	2,0	1	6,17	5,78	-2,68	-3,07		-0,05	-0,27	1,30	6,30	3,67
2	4,0	1	8,73	8,18	-3,56	-4,10		-0,06	-0,38	0,38	8,22	3,63
3	6,0	1	7,73	7,27	-2,62	-3,07		-0,04	-0,36	1,48	7,81	3,87
4	8,0	2	2,93	2,81	0,27	0,15	0,32	0,01	-0,20	2,82	6,11	5,44
5	9,9	2	-4,65	-4,24	4,65	5,06	1,97	0,09	0,06	3,83	8,50	8,71
6l	11,6	2	-11,07	-10,15	9,77	10,69	3,67	0,16	0,18	5,05	14,05	13,78
6d		2	-12,05	-11,05	10,51	11,51	4,15	0,18	0,22	5,24	14,96	14,56
7	14,2	2	1,71	1,67	0,75	0,71		-0,02	-0,18	3,39	6,73	6,56
8	16,2	1	9,83	9,23	-3,78	-4,39		-0,08	-0,46	2,40	10,32	5,96
9	18,2	1	14,76	13,83	-6,44	-7,38		-0,11	-0,63	1,32	14,06	6,93
10	20,3	1	16,07	15,04	-7,26	-8,29		-0,11	-0,66	0,32	15,05	7,29

Srednja konstrukcija Krajnji nosač			*комбинација 2.1.1* $G^{st}_{k,1}+G^{un}_{k,2}+\Phi_3 \cdot Q_{k1}(maxM)$									
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	0,14	0,14	0,16	0,16		0,00	-0,02	2,04	3,93	3,93
1	2,0	1	6,55	6,17	-2,08	-2,46		0,05	-0,32	0,98	6,45	2,81
2	4,0	1	9,83	9,27	-2,96	-3,52		0,07	-0,49	0,17	9,27	2,97
3	6,0	1	9,57	9,04	-2,50	-3,03		0,05	-0,49	1,12	9,29	3,30
4	8,0	1	5,38	5,13	-0,19	-0,43		0,01	-0,35	2,39	6,89	4,60
5	9,9	2	-1,44	-1,25	2,88	3,07	1,01	-0,06	-0,07	3,68	7,19	7,65
6l	11,6	2	-7,91	-7,25	7,03	7,69	3,01	-0,19	0,14	3,83	10,34	10,19
6d		2	-7,91	-7,25	7,03	7,69	3,01	-0,19	0,14	3,03	9,30	9,14
7	14,2	2	-0,72	-0,61	1,85	1,96	0,70	-0,04	-0,06	2,66	5,15	5,43
8	16,2	1	7,42	7,02	-1,68	-2,08		0,05	-0,41	2,01	8,01	4,21
9	18,2	1	13,06	12,30	-4,09	-4,85		0,10	-0,65	1,26	12,53	4,75
10	20,3	1	15,37	14,46	-5,17	-6,08		0,11	-0,74	0,31	14,47	5,20

Desna konstrukcija Krajnji nosač			*комбинација 2.1.1* $G^{st}_{k,1}+G^{cr}_{k,2}+\Phi_3 \cdot Q_{v,1}(maxM)$								
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-0,16	-0,13	0,60	0,63	0,33	-0,03	2,34	4,51	4,54
1	2,0	1	6,58	6,21	-1,94	-2,32		-0,22	1,30	6,69	3,17
2	4,0	1	9,20	8,67	-2,72	-3,25		-0,33	0,38	8,70	2,82
3	6,0	1	8,04	7,60	-2,07	-2,51		-0,33	1,48	8,11	3,52
4	8,0	2	3,08	2,96	0,51	0,39	0,58	-0,22	2,82	6,19	5,45
5	9,9	2	-3,73	-3,29	6,11	6,55	3,51	-0,08	3,83	8,07	9,57
6l	11,6	2	-9,34	-8,38	12,50	13,47	6,55	-0,07	5,05	12,83	15,83
6d		2	-10,10	-9,05	13,59	14,64	7,40	-0,08	5,24	13,55	16,92
7	14,2	2	1,83	1,80	0,97	0,93		-0,17	3,39	6,76	6,59
8	16,2	1	10,45	9,87	-2,69	-3,27		-0,39	2,40	10,89	5,34
9	18,2	1	15,63	14,72	-4,91	-5,82		-0,53	1,32	14,94	5,53
10	20,3	1	16,97	15,97	-5,67	-6,67		-0,56	0,32	15,98	5,70

Srednja konstrukcija Krajnji nosač			*комбинација 2.1.1* $G^{st}_{k,1}+G^{cr}_{k,2}+\Phi_3 \cdot Q_{k1}(maxM)$								
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	0,15	0,15	0,17	0,17		-0,02	2,04	3,93	3,93
1	2,0	1	6,87	6,50	-1,51	-1,89		-0,29	0,98	6,77	2,42
2	4,0	1	10,25	9,70	-2,21	-2,77		-0,44	0,17	9,70	2,24
3	6,0	1	9,90	9,38	-1,93	-2,45		-0,46	1,12	9,62	2,88
4	8,0	1	5,45	5,20	-0,07	-0,31		-0,34	2,39	6,94	4,60
5	9,9	2	-0,96	-0,76	3,63	3,83	1,80	-0,14	3,68	7,13	7,96
6l	11,6	2	-6,49	-5,80	9,27	9,97	5,38	-0,07	3,83	9,38	11,84
6d		2	-6,49	-5,80	9,27	9,97	5,38	-0,07	3,03	8,22	10,95
7	14,2	2	-0,39	-0,27	2,37	2,49	1,24	-0,10	2,66	5,12	5,63
8	16,2	1	7,72	7,33	-1,15	-1,55		-0,37	2,01	8,28	4,03
9	18,2	1	13,66	12,92	-3,02	-3,76		-0,58	1,26	13,15	3,87
10	20,3	1	16,08	15,20	-3,90	-4,78		-0,66	0,31	15,21	3,94

Desna konstrukcija Krajnji nosač			*комбинација 2.1.1* $G^{st}_{k,1}+G^{un}_{k,2}+\Phi_3 \cdot Q_{v,1}$(minM)									
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-0,65	-0,59	0,57	0,63	0,08	0,00	0,01	2,96	5,72	5,72
1	2,0	1	2,46	2,30	-1,24	-1,40	1,55	-0,14	-0,08	1,45	3,61	3,05
2	4,0	1	2,78	2,62	-0,85	-1,01	2,98	-0,23	-0,09	0,25	2,67	0,98
3	6,0	1	1,03	1,04	1,25	1,26	4,39	-0,30	-0,06	1,08	2,33	2,43
4	8,0	2	-2,98	-2,62	5,14	5,50	6,05	-0,32	0,02	2,17	4,93	6,63
5	9,9	2	-9,02	-8,14	10,81	11,68	9,42	-0,35	0,14	4,10	11,33	13,38
6l	11,6	2	-16,15	-14,66	17,60	19,09	13,19	-0,40	0,26	5,45	18,02	20,49
6d		2	-16,52	-15,03	17,06	18,54	12,09	-0,28	0,29	6,51	19,56	21,16
7	14,2	2	-1,76	-1,56	2,76	2,96	2,28	-0,15	-0,02	4,28	8,37	8,68
8	16,2	1	3,50	3,27	-1,82	-2,06	2,01	-0,19	-0,12	3,05	6,71	6,14
9	18,2	1	6,50	6,02	-4,37	-4,85	2,01	-0,23	-0,17	1,85	6,99	5,63
10	20,3	1	7,28	6,74	-4,92	-5,46	2,30	-0,25	-0,17	0,55	6,82	5,03

Srednja konstrukcija Krajnji nosač			*комбинација 2.1.1* $G^{st}_{k,1}+G^{un}_{k,2}+\Phi_3 \cdot Q_{k1}$(minM)									
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-0,33	-0,30	0,45	0,48	0,33	-0,02	0,00	2,93	5,64	5,65
1	2,0	1	1,64	1,54	-0,55	-0,64	1,57	-0,04	-0,06	1,53	3,32	2,99
2	4,0	1	1,93	1,84	-0,09	-0,18	3,04	-0,11	-0,08	0,42	2,01	0,81
3	6,0	1	0,75	0,78	1,56	1,60	4,47	-0,21	-0,06	0,63	1,44	1,97
4	8,0	1	-2,48	-2,15	4,93	5,26	5,88	-0,34	-0,01	1,39	3,44	5,61
5	9,9	2	-6,76	-6,06	9,13	9,84	8,52	-0,50	0,07	3,41	8,93	11,25
6l	11,6	2	-13,89	-12,53	16,89	18,25	15,03	-0,89	0,21	4,38	15,10	18,87
6d		2	-13,89	-12,53	16,89	18,25	15,03	-0,89	0,21	5,77	16,73	20,20
7	14,2	2	-4,23	-3,79	5,57	6,01	5,14	-0,30	0,05	3,91	8,42	9,36
8	16,2	1	0,57	0,59	0,98	1,00	2,85	-0,12	-0,06	2,95	5,70	5,75
9	18,2	1	3,38	3,17	-1,46	-1,68	2,60	-0,06	-0,12	1,98	4,95	4,08
10	20,3	1	4,67	4,35	-2,65	-2,97	2,39	-0,03	-0,14	0,96	4,73	3,23

Desna konstrukcija Krajnji nosač			*комбинација 2.1.1* $G^{st}_{k,1}+G^{cr}_{k,2}+\Phi_3 \cdot Q_{v,1}$(minM)								
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-0,72	-0,67	0,70	0,76	0,41	-0,01	2,96	5,73	5,73
1	2,0	1	2,88	2,73	-0,50	-0,65	1,55	-0,09	1,45	3,90	2,83
2	4,0	1	3,25	3,11	-0,01	-0,16	2,98	-0,18	0,25	3,15	0,49
3	6,0	1	1,34	1,36	1,80	1,82	4,39	-0,26	1,08	2,49	2,76
4	8,0	2	-2,83	-2,47	5,38	5,75	6,30	-0,35	2,17	4,85	6,81
5	9,9	2	-8,09	-7,19	12,27	13,17	10,97	-0,51	4,10	10,67	14,58
6l	11,6	2	-14,43	-12,89	20,33	21,87	16,07	-0,69	5,45	16,62	22,87
6d		2	-14,57	-13,04	20,14	21,67	15,34	-0,61	6,51	18,07	23,71
7	14,2	2	-1,64	-1,44	2,97	3,18	2,28	-0,13	4,28	8,35	8,75
8	16,2	1	4,12	3,91	-0,73	-0,95	2,01	-0,12	3,05	7,05	5,91
9	18,2	1	7,37	6,92	-2,84	-3,29	2,01	-0,12	1,85	7,78	4,55
10	20,3	1	8,18	7,67	-3,33	-3,84	2,30	-0,14	0,55	7,74	3,49

Srednja konstrukcija Krajnji nosač			*комбинација 2.1.1* $G^{st}_{k,1}+G^{cr}_{k,2}+\Phi_3 \cdot Q_{k1}$(minM)								
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-0,33	-0,29	0,46	0,49	0,35	-0,02	2,93	5,64	5,65
1	2,0	1	1,96	1,87	0,02	-0,07	1,57	-0,09	1,53	3,48	2,93
2	4,0	1	2,35	2,28	0,65	0,58	3,04	-0,18	0,42	2,42	1,04
3	6,0	1	1,07	1,12	2,13	2,18	4,47	-0,26	0,63	1,65	2,45
4	8,0	1	-2,42	-2,08	5,05	5,38	5,88	-0,35	1,39	3,40	5,72
5	9,9	2	-6,29	-5,57	9,88	10,60	9,31	-0,48	3,41	8,61	11,86
6l	11,6	2	-12,48	-11,08	19,13	20,53	17,39	-0,81	4,38	13,91	20,90
6d		2	-12,48	-11,08	19,13	20,53	17,39	-0,81	5,77	15,68	22,11
7	14,2	2	-3,90	-3,46	6,09	6,53	5,69	-0,29	3,91	8,27	9,67
8	16,2	1	0,87	0,89	1,50	1,53	2,85	-0,17	2,95	5,74	5,87
9	18,2	1	3,99	3,79	-0,39	-0,59	2,60	-0,15	1,98	5,38	3,83
10	20,3	1	5,39	5,09	-1,38	-1,68	2,39	-0,14	0,96	5,42	2,30

Desna konstrukcija Krajnji nosač			*комбинација 2.1.1* $G^{st}_{k,1}+G^{cr}_{k,2}+\Phi 3 \cdot \alpha \cdot Q_{v,1}$ (extrV)						
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-0,54	-0,50	0,50	0,55	3,23	6,23	6,23
1	2,0	1	3,41	3,15	-2,52	-2,78	2,04	5,04	4,67
2	4,0	1	5,81	5,40	-3,39	-3,79	0,83	5,64	3,75
3	6,0	1	2,27	2,12	-1,24	-1,40	1,93	4,28	3,92
4	8,0	2	-1,69	-1,51	2,56	2,74	3,22	6,38	6,70
5	9,9	2	-7,90	-7,17	8,57	9,30	4,57	11,35	12,28
6l	11,6	2	-15,76	-14,32	16,80	18,25	5,67	17,99	20,03
6d		2	-16,38	-14,91	16,77	18,24	6,60	19,58	21,03
7	14,2	2	-2,34	-2,06	3,91	4,18	4,97	9,77	10,32
8	16,2	1	2,17	2,11	0,85	0,79	3,61	7,26	7,00
9	18,2	1	14,03	13,12	-6,40	-7,31	2,25	13,82	7,72
10	20,3	1	9,25	8,53	-6,86	-7,57	0,97	8,74	7,11

Desna konstrukcija Krajnji nosač			*комбинација 2.1.2* $G^{st}_{k,1}+G^{cr}_{k,2}+\Phi 3 \cdot \alpha \cdot Q_{v,1}+\alpha \cdot 0.5 \cdot Q_{sk}+\alpha \cdot Q_{lak(lbk)}$ (max M)								
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-0,12	-0,10	0,60	0,63	0,33	-0,03	2,43	4,67	4,71
1	2,0	1	6,76	6,37	-1,96	-2,33		-0,26	1,37	6,90	3,29
2	4,0	1	9,48	8,94	-2,75	-3,27		-0,39	0,44	8,98	2,88
3	6,0	1	8,37	7,91	-2,10	-2,54		-0,40	1,52	8,43	3,61
4	8,0	2	3,27	3,14	0,68	0,58	0,95	-0,22	2,88	6,37	5,58
5	9,9	2	-3,96	-3,52	6,19	6,64	3,90	-0,08	3,89	8,26	9,70
6l	11,6	2	-9,59	-8,61	12,64	13,62	7,00	-0,07	5,11	13,07	16,01
6d		2	-10,32	-9,25	13,79	14,85	7,82	-0,08	5,33	13,81	17,18
7	14,2	2	1,98	1,93	1,08	1,05	0,28	-0,17	3,46	6,93	6,74
8	16,2	1	10,72	10,12	-2,73	-3,30		-0,45	2,47	11,18	5,47
9	18,2	1	15,94	15,02	-4,93	-5,83		-0,59	1,38	15,26	5,60
10	20,3	1	17,31	16,29	-5,70	-6,68		-0,62	0,36	16,31	5,74

Desna konstrukcija Krajnji nosač			*комбинација 2.1.2* $G^{st}_{k,1}+G^{cr}_{k,2}+\Phi 3\cdot\alpha\cdot Q_{v,1}+\alpha\cdot 0.5\cdot Q_{sk}+\alpha\cdot Q_{Iak(Ibk)}$ (minM)								
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-0,75	-0,70	0,70	0,75	0,41	-0,01	3,04	5,89	5,89
1	2,0	1	3,05	2,89	-0,52	-0,67	1,55	-0,09	1,52	4,11	2,97
2	4,0	1	3,53	3,38	-0,04	-0,18	2,98	-0,18	0,31	3,43	0,60
3	6,0	1	1,67	1,67	1,84	1,85	4,39	-0,26	1,13	2,74	2,84
4	8,0	2	-3,03	-2,65	5,55	5,93	6,67	-0,44	2,23	5,04	7,02
5	9,9	2	-8,33	-7,41	12,34	13,26	11,36	-0,65	4,16	10,90	14,71
6l	11,6	2	-14,68	-13,12	20,47	22,02	16,51	-0,83	5,51	16,87	23,05
6d		2	-14,79	-13,24	20,33	21,89	15,77	-0,71	6,59	18,33	23,97
7	14,2	2	-1,79	-1,58	3,08	3,30	2,55	-0,21	4,35	8,51	8,91
8	16,2	1	4,38	4,16	-0,76	-0,97	2,01	-0,12	3,12	7,30	6,05
9	18,2	1	7,68	7,22	-2,86	-3,30	2,01	-0,12	1,91	8,10	4,65
10	20,3	1	8,51	7,99	-3,35	-3,85	2,30	-0,14	0,60	8,07	3,54

Desna konstrukcija Krajnji nosač			*комбинација 2.1.2* $G^{st}_{k,1}+G^{cr}_{k,2}+\Phi 3\cdot\alpha\cdot Q_{v,1}+\alpha\cdot Q_{tk}+\alpha\cdot 0.5\cdot Q_{sk}+\alpha\cdot Q_{Iak(Ibk)}$ (extrV)						
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-0,58	-0,53	0,50	0,54	3,31	6,40	6,39
1	2,0	1	3,58	3,32	-2,54	-2,79	2,12	5,25	4,80
2	4,0	1	6,09	5,67	-3,42	-3,81	0,89	5,92	3,82
3	6,0	1	2,60	2,43	-1,28	-1,42	1,98	4,51	4,01
4	8,0	2	-1,89	-1,68	2,73	2,93	3,28	6,53	6,87
5	9,9	2	-8,14	-7,40	8,65	9,39	4,63	11,57	12,41
6l	11,6	2	-16,01	-14,55	16,94	18,40	5,72	18,25	20,21
6d		2	-16,60	-15,11	16,97	18,45	6,69	19,84	21,29
7	14,2	2	-2,48	-2,20	4,02	4,30	5,04	9,93	10,49
8	16,2	1	2,43	2,36	0,89	0,82	3,68	7,46	7,14
9	18,2	1	14,34	13,42	-6,43	-7,32	2,30	14,14	7,81
10	20,3	1	9,58	8,85	-6,89	-7,58	1,01	9,06	7,15

Desna konstrukcija Krajnji nosač			*комбинација 2.1.3* $G^{st}_{k,1}+G^{cr}_{k,2}+\Phi 3\cdot\alpha\cdot Q_{v,1}+\alpha\cdot 0.5\cdot Q_{sk}+\alpha\cdot Q_{lak(lbk)}+0.8\cdot q_{fk}+0.75\cdot F_{w,train}$									
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-0,79	-0,73	0,77	0,83	0,41	-0,03	-0,01	3,53	6,83	6,84
1	2,0	1	7,00	6,61	-1,97	-2,35		-0,28	-0,09	2,24	4,74	4,92
2	4,0	1	9,75	9,19	-2,75	-3,28		-0,42	-0,18	0,93	3,29	3,74
3	6,0	1	8,60	8,13	-2,10	-2,55		-0,43	-0,26	2,08	4,52	4,74
4	8,0	2	3,33	3,20	0,59	0,48	6,67	-0,24	-0,44	3,42	6,61	6,60
5	9,9	2	-8,44	-7,51	12,59	13,52	11,66		-0,68	4,84	15,66	16,42
6l	11,6	2	-14,99	-13,40	21,09	***22,69***	***17,28***		***-0,87***	6,08	24,12	25,53
6d		2	-15,15	-13,55	21,15	22,75	16,75		-0,80	***7,14***	25,22	***26,58***
7	14,2	2	-1,86	-1,64	3,25	3,47	2,75		-0,22	5,32	10,74	10,81
8	16,2	1	10,96	10,36	-2,73	-3,31		-0,47		3,87	7,92	8,14
9	18,2	1	16,27	15,33	-4,93	-5,84		-0,62		2,39	6,74	7,44
10	20,3	1	17,65	16,62	-5,70	-6,70		-0,66		1,01	6,02	6,98

Desna konstrukcija Krajnji nosač			*комбинација 2.1.3* $G^{st}_{k,1}+G^{cr}_{k,2}+S+\Phi 3\cdot\alpha\cdot Q_{v,1}+\alpha\cdot 0.5\cdot Q_{sk}+\alpha\cdot Q_{lak(lbk)}+0.8\cdot q_{fk}+0.75\cdot F_{w,train}+0.6\cdot T_k$									
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-0,79	-0,73	0,77	0,83		-0,03	-0,01	3,53	6,83	6,84
1	2,0	1	7,00	6,61	-1,97	-2,35		-0,29	-0,09	2,24	4,75	4,92
2	4,0	1	9,75	9,20	-2,76	-3,29		-0,42	-0,18	0,93	3,29	3,75
3	6,0	1	8,61	8,14	-2,12	-2,56		-0,44	-0,26	2,08	4,52	4,75
4	8,0	2	3,36	3,22	0,61	0,51	6,70	-0,24	-0,46	3,42	6,61	6,60
5	9,9	2	-8,49	-7,55	12,63	13,56	11,70		-0,72	4,84	15,69	16,45
6l	11,6	2	-15,01	-13,42	21,11	***22,71***	***17,30***		***-0,89***	6,08	24,14	25,55
6d		2	-15,34	-13,74	21,34	22,94	16,95		-0,99	***7,14***	25,38	***26,74***
7	14,2	2	-2,06	-1,83	3,44	3,66	2,94		-0,42	5,32	10,80	10,87
8	16,2	1	11,08	10,48	-2,85	-3,44		-0,60		3,87	7,97	8,19
9	18,2	1	16,37	15,44	-5,04	-5,95		-0,73		2,39	6,82	7,52
10	20,3	1	17,74	16,71	-5,79	-6,79		-0,75		1,01	6,11	7,06

Вредности нормалних напона у елементима попречног пресека кроз све фазе рада конструкције, а за меродавне комбинације оптерећења су ниже од дозвољених.

The normal stresses through all phases for the relevant load combinations are lower than limited values.

5.3 КОНТРОЛА ГРАНИЧНЕ НОСИВОСТИ / ULTIMATE LIMIT STATES

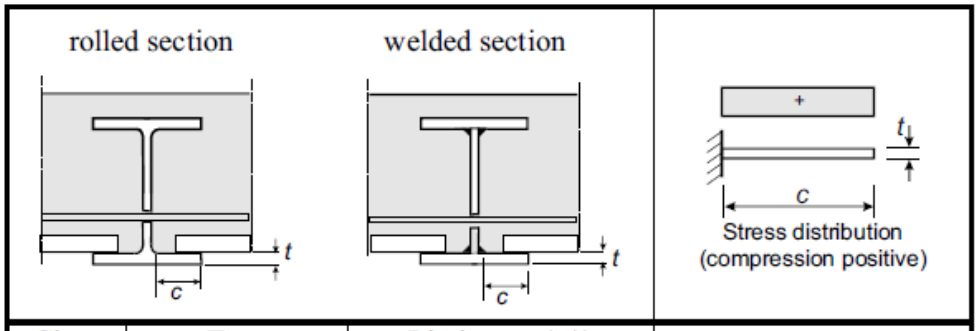
Контрола граничне носивости убетонираних челичних носача извршена је у складу са одредбама стандарда СРПС ЕН 1994-2, Поглавље 6.3.2.

The ultimate limit state control of filler beam deck is performed in accordance with the provisions of the standard SRPS EN 1994-2, Chapter 6.3.2.

Класификација пресека убетонираних челичних носача (СРПС ЕН 1994-2, 5.5.3)

Classification of cross-sections (SRPS EN 1994-2, 5.5.3).

Table 5.2: Maximum values c/t for steel flanges of filler beams



Class	Type	Limit max (c/t)	$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ with f_y in N/mm^2
1	Rolled or welded	$c/t \leq 9\varepsilon$	
2		$c/t \leq 14\varepsilon$	
3		$c/t \leq 20\varepsilon$	

c/t=116.5/25=4.66<9ε=7.32 → Класа 1 / Class 1

Меродавне комбинација оптерећења при којој се у пресецима носача јављају највећи статички утицаји.

Internal forces and moments for relevant load combinations.

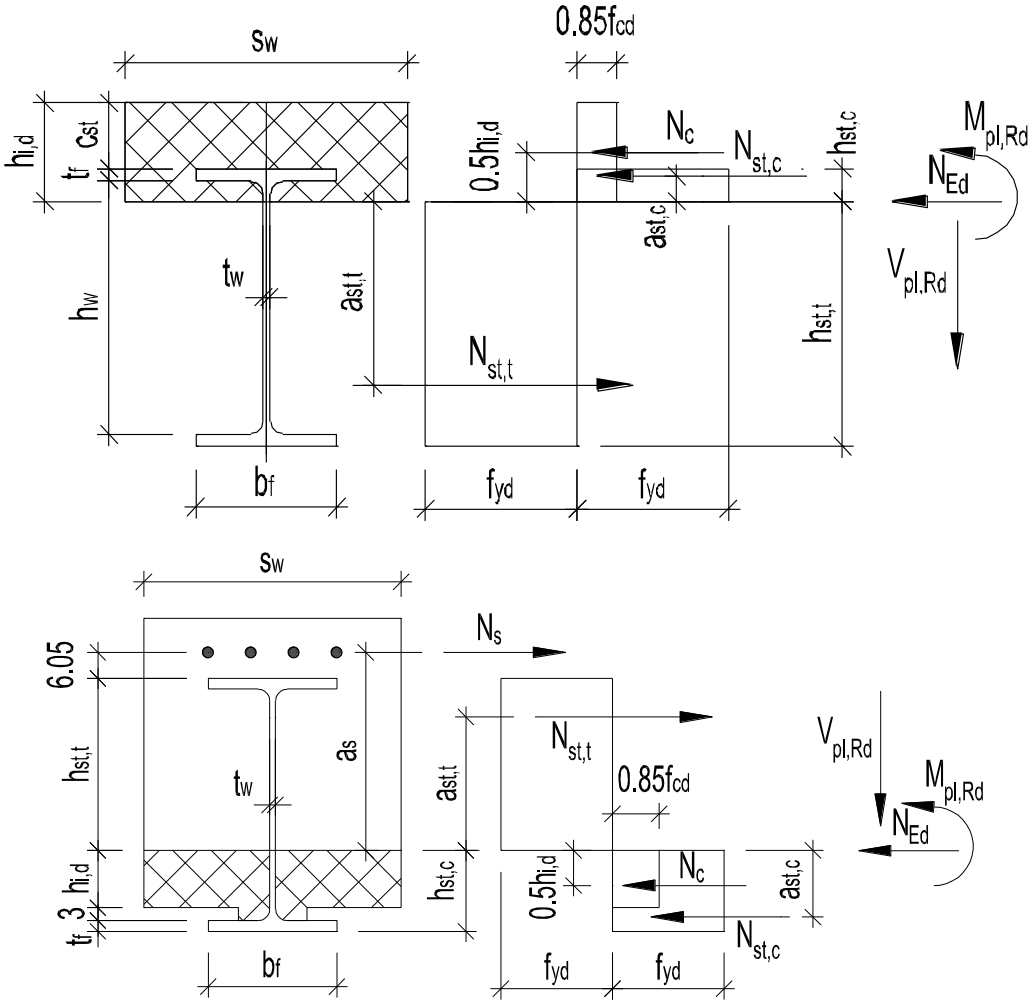
Desna konstrukcija Krajnji nosač			*комбинација 1.1.2 (maxM)*			*комбинација 1.1.2 (minM)*			*комбинација 1.1.2 (extrV)*		
Presek	x [m]	set	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
0	0,0	1	2	-218	-7	2	-316	-60	2	-344	-49
1	2,0	1	24	-98	514	24	-146	139	24	-221	270
2	4,0	1	38	15	719	38	-24	99	38	61	485
3	6,0	1	47	159	643	47	118	-93	47	205	159
4	8,0	1	56	294	264	56	228	-453	56	335	-197
5	9,9	2	92	397	-345	92	425	-993	92	473	-772
6l	11,6	2	76	529	-843	***76***	***569***	***-1631***	76	592	-1521
6d		2	131	-458	-933	131	-668	-1619	131	-694	-1595
7	14,2	2	107	-345	162	107	-436	-226	107	-520	-322
8	16,2	1	80	-241	813	80	-307	199	80	-379	-24
9	18,2	1	74	-130	1194	74	-183	417	74	-235	1091
10	20,3	1	***71***	***-22***	***1291***	71	-50	457	71	-101	697

Desna konstrukcija Krajnji nosač			$Q_{Ad}+0.8(1)Q_{v,1}$						*комбинација 1.3.1*					
			(maxM)		*(minM)*		*(extrV)*		*(maxM)*		*(minM)*		*(extrV)*	
Presek	x [m]	set	T2 [kN]	M3 [kNm]	T2 [kN]	M3 [kNm]	T2 [kN]	M3 [kNm]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
0	0,0	1	72	0	-436	-101	-453	-98	3	-19	-505	-120	-522	-117
1	2,0	1	-55	496	-170	-124	-359	145	-89	583	-204	-37	-393	232
2	4,0	1	21	615	-91	-195	-219	115	20	737	-92	-73	-220	237
3	6,0	1	204	574	-42	-275	232	-37	237	663	-9	-186	265	52
4	8,0	1	320	427	0	-399	341	-178	387	414	67	-412	408	-191
5	9,9	2	407	162	34	-542	414	145	507	-12	134	-716	514	-29
6l	11,6	2	117	81	57	-916	462	-385	250	-297	190	-1294	595	-763
6d		2	57	81	-790	-1172	-833	-1126	-94	-318	-941	-1571	**-984**	**-1525**
7	14,2	2	-174	423	-459	-284	-587	28	-279	363	-564	-344	-692	-32
8	16,2	1	-94	633	-235	-179	-440	121	-164	749	-305	-63	-510	237
9	18,2	1	45	776	-164	-126	-319	167	9	999	-200	97	-355	390
10	20,3	1	144	794	-134	-119	-216	155	144	1055	-134	142	-216	416

Srednja konstrukcija Krajnji nosač			*комбинација 1.1.2*					
			(maxM)		*(minM)*		*(extrV)*	
Presek	x [m]	set	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
0	0,0	1	-44	14	-289	-36	-317	-28
1	2,0	1	-95	518	-150	69	-249	246
2	4,0	1	6	776	-42	35	-122	302
3	6,0	1	110	756	45	-110	182	209
4	8,0	1	234	439	133	-400	295	-88
5	9,9	2	362	-89	334	-782	420	-533
6l	11,6	2	374	-588	429	-1493	472	-1406
6d		2	-184	-588	-569	-1493	-604	-1447
7	14,2	2	-256	-42	-383	-480	-514	-814
8	16,2	1	-194	595	-290	-56	-386	429
9	18,2	1	-121	1031	-195	163	-267	447
10	20,3	1	-29	1208	-96	266	-147	548

Srednja konstrukcija Krajnji nosač			Q_{ad}						*комбинација 1.3.1*					
			(maxM)		*(minM)*		*(extrV)*		*(maxM)*		*(minM)*		*(extrV)*	
Presek	x [m]	set	T2 [kN]	M3 [kNm]	T2 [kN]	M3 [kNm]	T2 [kN]	M3 [kNm]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
0	0,0	1	96	0	-776	-209	-791	-206	6	-10	-866	-219	-881	-216
1	2,0	1	-235	682	-273	-97	-550	206	-290	812	-328	33	-605	336
2	4,0	1	55	799	-159	-161	-355	178	51	978	-163	18	-359	357
3	6,0	1	210	757	-80	-233	299	661	249	901	-41	-89	338	805
4	8,0	1	377	648	-34	-321	446	596	466	648	55	-321	535	596
5	9,9	2	469	367	-30	-507	568	121	603	166	104	-708	702	-80
6l	11,6	2	424	73	264	-1391	741	-215	585	-428	425	-1892	902	-716
6d		2	169	73	-1117	-1349	-1197	-1348	-7	-428	***-1293***	***-1850***	**-1373**	**-1849**
7	14,2	2	-203	351	-710	-570	-854	-107	-345	219	-852	-702	-996	-239
8	16,2	1	-138	661	-372	-231	-653	101	-242	763	-476	-129	-757	203
9	18,2	1	31	878	-322	-175	-498	189	-33	1130	-386	77	-562	441
10	20,3	1	199	934	-151	-138	-351	215	***180***	***1251***	-170	179	-370	532

5.3.1 Контрола граничне носивости на савијање и смицање / Design resistance for bending and shear



ПРЕСЕК у пољу - десна конструкција

Гранични момент носивости пресека изложеног позитивном моменту савијања
изложеног савијању и аксијалној сили према СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3

Улазни подаци (СРПС 1992-1-1, 3.1.6 i СРПС ЕН 1992-1-1/NA)

C 35/45	⇒	f_{ck}=	3,5	kN/cm^2	α_{cc}=	0,85
		f_{cd}=	1,98	kN/cm^2	γ_c=	1,50
(СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3; UIC 773, 5.1.2)		λf_{cd}=	1,69		λ=	0,85
S355	⇒	f_y=	35,5	kN/cm^2	(СРПС ЕН 1994-2, 2.4.1.2; UIC 773, 5.1.2)	
		f_{yd}=	30,87	kN/cm^2	γ_{sM0}=	1,15
B500	⇒	f_y=	50	kN/cm^2	(СРПС ЕН 1992-1-1, 2.4.2.4; UIC 773, 5.1.2)	
		f_{sd}=	43,48	kN/cm^2	γ_s=	1,15

Челични носач HEA 600

b_f=	30,00	cm
t_f=	2,50	cm
h=	59,00	cm
h_w=	54,00	cm
t_w=	1,30	cm

Притиснути део челичног носача

$h_{st,c}=h_{i,d}-c_{st}$=	4,85	cm
$A_{st,c}$=	78,06	cm^2
$a_{st,c}$=	3,51	cm

Притиснути бетон

s_w=	60	cm
c_{st}=	14	cm
h_{id}=	18,85	cm

Затегнути део челичног носача

$h_{st,t}$=	54,15	cm
$h_{w,st,t}=h_{st,t}-t_f$=	51,65	cm
$A_{st,t}$=	142,14	cm^2
$a_{st,t}$=	40,11	cm

Носивост челичног пресека на смицање

спољашња смичућа сила у пресеку	V_{Ed}=	22	kN	<$V_{pl,Rd}$
гранична носивост на смицање	$V_{pl,Rd}$=	1653	kN	(СРПС ЕН 1993-1, 6.2.6)
	ρ=	1,00		

Редукција носивости на савијање услед смичуће силе (СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3)

$(1-\rho)f_{yd}$= 30,87 kN/cm^2

Унутрашње силе

N_c	*сила притиска у бетону*	1907	kN
$N_{st,c}$	*сила притиска у челику*	2410	kN
$N_{st,t}$	*сила затезања у челику*	4388	kN
N_{Ed}	*спољашња аксијална сила*	71	kN

РАВНОТЕЖА 0

крак унутрашњих сила **z=** 46,23 cm

Гранични момент носивости пресека $M_{pl,Rd}$= 2029 kN/m > ***M_{Ed}=*** 1291 *kNm*

изложеног аксијалној сили N_{Ed}= 71 kN

ПРЕСЕК над ослонцем - десна конструкција

Гранични момент носивости пресека изложеног негативном моменту савијања
изложеног савијању и аксијалној сили према СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3

Улазни подаци (СРПС 1992-1-1, 3.1.6 i СРПС ЕН 1992-1-1/NA)

C 35/45	⇒	f_{ck}=	3,5 kN/cm²	α_{cc}=	0,85
		f_{cd}=	1,98 kN/cm²	γ_c=	1,50
(СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3; UIC 773, 5.1.2)	λf_{cd}=		1,69	λ=	0,85
S355	⇒	f_y=	35,5 kN/cm²	(СРПС ЕН 1994-2, 2.4.1.2; UIC 773, 5.1.2)	
		f_{yd}=	30,87 kN/cm²	γ_{sM0}=	1,15
B500	⇒	f_y=	50 kN/cm²	(СРПС ЕН 1992-1-1, 2.4.2.4; UIC 773, 5.1.2)	
		f_{sd}=	43,48 kN/cm²	γ_s=	1,15

Челични носач HEA 600

b_f=	30,00	cm
t_f=	2,50	cm
h=	59,00	cm
h_w=	54,00	cm
t_w=	1,30	cm

Притиснути део челичног носача

$h_{st,c}=h_{i,d}+3+t_f$=	22,46	cm
$A_{st,c}$=	100,94	cm²
$a_{st,c}$=	18,32	cm

Притиснути бетон

s_w=	60	cm
h_{id}=	16,96	cm

Затегнути део челичног носача

$h_{st,t}$=	36,54	cm
$h_{w,st,t}=h_{st,t}-t_f$=	34,04	cm
$A_{st,t}$=	119,26	cm²
$a_{st,t}$=	28,51	cm

Затегнута арматура

A_s	**6Ø25**	29,46 cm²
a_s=	42,59	cm

Носивост челичног пресека на смицање

спољашња смичућа сила у пресеку	V_{Ed}=	668	kN	**< $V_{pl,Rd}$**
гранична носивост на смицање	$V_{pl,Rd}$=	1653	kN	(СРПС ЕН 1993-1, 6.2.6)
	ρ=	1,00		
Редукција носивости на савијање услед смичуће силе				(СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3)
	$(1-\rho)f_{yd}$=	30,87	kN/cm²	

Унутрашње силе

N_c	*сила притиска у бетону*	1715	kN
$N_{st,c}$	*сила притиска у челику*	3116	kN
$N_{st,t}$	*сила затезања у челику*	3681	kN
N_s	*сила затезања у арматури*	1281	kN
N_{Ed}	*спољашња аксијална сила*	131	kN "+" за силу затезања

РАВНОТЕЖА **0**

крак унутрашњих сила **z=** 46,97 cm

Гранични момент носивости пресека $M_{pl,Rd}$= 2331 kN/m > ***M_{Ed}=*** 1631 *kNm*

изложеног аксијалној сили N_{Ed}= 131 kN

ПРЕСЕК над ослонцем

Гранични момент носивости пресека изложеног негативном моменту савијања
изложеног савијању и аксијалној сили према СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3

Улазни подаци (СРПС 1992-1-1, 3.1.6 i СРПС ЕН 1992-1-1/NA)

C 35/45	⇒	f_{ck}=	3,5	kN/cm^2	α_{cc}= 0,85	
		f_{cd}=	2,48	kN/cm^2	γ_c= 1,20	
(СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3; UIC 773, 5.1.2)		λf_{cd}=	2,11		λ= 0,85	
S355	⇒	f_y=	35,5	kN/cm^2	(СРПС ЕН 1994-2, 2.4.1.2; UIC 773, 5.1.2)	
		f_{yd}=	35,50	kN/cm^2	γ_{sM0}= 1,00	
B500	⇒	f_y=	50	kN/cm^2	(СРПС ЕН 1992-1-1, 2.4.2.4; UIC 773, 5.1.2)	
		f_{sd}=	50,00	kN/cm^2	γ_s= 1,00	

Челични носач HEA 600

b_f=	30,00	cm
t_f=	2,50	cm
h=	59,00	cm
h_w=	54,00	cm
t_w=	1,30	cm

Притиснути део челичног носача

$h_{st,c}=h_{i,d}+3+t_f$=	22,36	cm
$A_{st,c}$=	100,81	cm^2
$a_{st,c}$=	18,25	cm

Притиснути бетон

s_w=	60	cm
h_{id}=	16,86	cm

Затегнути део челичног носача

$h_{st,t}$=	36,64	cm
$h_{w,st,t}=h_{st,t}-t_f$=	34,14	cm
$A_{st,t}$=	119,39	cm^2
$a_{st,t}$=	28,58	cm

Затегнута арматура

A_s	**6Ø25**	29,46	cm^2
	a_s=	42,69	cm

Носивост челичног пресека на смицање

спољашња смичућа сила у пресеку	V_{Ed}=	984	kN	< $V_{pl,Rd}$
гранична носивост на смицање	$V_{pl,Rd}$=	1901	kN	(СРПС ЕН 1993-1, 6.2.6)
	ρ=	0,00		

Редукција носивости на савијање услед смичуће силе (СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3)

$(1-\rho)f_{yd}$= 35,46 kN/cm^2

Унутрашње силе

N_c	*сила притиска у бетону*	2131	kN	
$N_{st,c}$	*сила притиска у челику*	3574	kN	
$N_{st,t}$	*сила затезања у челику*	4233	kN	
N_s	*сила затезања у арматури*	1473	kN	
N_{Ed}	*спољашња аксијална сила*	0	kN	"+" за силу затезања
РАВНОТЕЖА		**0**		

крак унутрашњих сила **z=** 46,80 cm

Гранични момент носивости пресека $M_{pl,Rd}$= 2670 kN/m > ***M_{Ed}=*** 1525 *kNm*

изложеног аксијалној сили N_{Ed}= 0 kN

ПРЕСЕК у пољу - средња конструкција

Гранични момент носивости пресека изложеног позитивном моменту савијања
изложеног савијању и аксијалној сили према СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3

Улазни подаци (СРПС 1992-1-1, 3.1.6 i СРПС ЕН 1992-1-1/NA)

C 35/45	⇒	f_{ck}=	3,5	kN/cm^2	α_{cc}=	0,85
		f_{cd}=	2,48	kN/cm^2	γ_c=	1,20
(СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3; UIC 773, 5.1.2)		λf_{cd}=	2,11		λ=	0,85
S355	⇒	f_y=	35,5	kN/cm^2	(СРПС ЕН 1994-2, 2.4.1.2; UIC 773, 5.1.2)	
		f_{yd}=	35,50	kN/cm^2	γ_{sM0}=	1,00
B500	⇒	f_y=	50	kN/cm^2	(СРПС ЕН 1992-1-1, 2.4.2.4; UIC 773, 5.1.2)	
		f_{sd}=	50,00	kN/cm^2	γ_s=	1,00

Челични носач HEA 600

b_f=	30,00	cm
t_f=	2,50	cm
h=	59,00	cm
h_w=	54,00	cm
t_w=	1,30	cm

Притиснути део челичног носача

$h_{st,c}=h_{i,d}-c_{st}$=	4,36	cm
$A_{st,c}$=	77,412	cm^2
$a_{st,c}$=	3,04	cm

Притиснути бетон

s_w=	60	cm
c_{st}=	14	cm
h_{id}=	18,36	cm

Затегнути део челичног носача

$h_{st,t}$=	54,64	cm
$h_{w,st,t}=h_{st,t}-t_f$=	52,14	cm
$A_{st,t}$=	142,79	cm^2
$a_{st,t}$=	40,42	cm

Носивост челичног пресека на смицање

спољашња смичућа сила у пресеку	V_{Ed}=	180	kN	<$V_{pl,Rd}$
гранична носивост на смицање	$V_{pl,Rd}$=	1901	kN	(СРПС ЕН 1993-1, 6.2.6)
	ρ=	1,00		
Редукција носивости на савијање услед смичуће силе				(СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3)
	$(1-\rho)f_{yd}$=	35,50	kN/cm^2	

Унутрашње силе

N_c	*сила притиска у бетону*	2321	kN
$N_{st,c}$	*сила притиска у челику*	2748	kN
$N_{st,t}$	*сила затезања у челику*	5069	kN
N_{Ed}	*спољашња аксијална сила*	0	kN

"+" за силу затезања

РАВНОТЕЖА 0

крак унутрашњих сила **z=** 46,27 cm

Гранични момент носивости пресека $M_{pl,Rd}$= 2346 kN/m > ***M_{Ed}=*** 1251 *kNm*

изложеног аксијалној сили N_{Ed}= 0 kN

ПРЕСЕК над ослонцем - средња конструкција

Гранични момент носивости пресека изложеног негативном моменту савијања
изложеног савијању и аксијалној сили према СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3

Улазни подаци (СРПС 1992-1-1, 3.1.6 i СРПС ЕН 1992-1-1/NA)

C 35/45	⇒	f_{ck}=	3,5 kN/cm²	α_{cc}=	0,85
		f_{cd}=	2,48 kN/cm²	γ_c=	1,20
(СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3; UIC 773, 5.1.2)	λf_{cd}=		2,11	λ=	0,85
S355	⇒	f_y=	35,5 kN/cm²	(СРПС ЕН 1994-2, 2.4.1.2; UIC 773, 5.1.2)	
		f_{yd}=	35,50 kN/cm²	γ_{sM0}=	1,00
B500	⇒	f_y=	50 kN/cm²	(СРПС ЕН 1992-1-1, 2.4.2.4; UIC 773, 5.1.2)	
		f_{sd}=	50,00 kN/cm²	γ_s=	1,00

Челични носач HEA 600

b_f=	30,00	cm
t_f=	2,50	cm
h=	59,00	cm
h_w=	54,00	cm
t_w=	1,30	cm

Притиснути део челичног носача

$h_{st,c}=h_{i,d}+3+t_f$=	21,95	cm
$A_{st,c}$=	100,28	cm²
$a_{st,c}$=	17,93	cm

Притиснути бетон

s_w=	60	cm
h_{id}=	16,45	cm

Затегнути део челичног носача

$h_{st,t}$=	37,05	cm
$h_{w,st,t}=h_{st,t}-t_f$=	34,55	cm
$A_{st,t}$=	119,92	cm²
$a_{st,t}$=	28,86	cm

Затегнута арматура

A_s	**6Ø25**	29,46	cm²
	a_s=	43,10	cm

Носивост челичног пресека на смицање

спољашња смичућа сила у пресеку	V_{Ed}=	1293	kN	**< $V_{pl,Rd}$**
гранична носивост на смицање	$V_{pl,Rd}$=	1901	kN	(СРПС ЕН 1993-1, 6.2.6)
	ρ=	0,13		

Редукција носивости на савијање услед смичуће силе (СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3)

$(1-\rho)f_{yd}$= 30,89 kN/cm²

Унутрашње силе

N_c	*сила притиска у бетону*	2080	kN
$N_{st,c}$	*сила притиска у челику*	3098	kN
$N_{st,t}$	*сила затезања у челику*	3704	kN
N_s	*сила затезања у арматури*	1473	kN
N_{Ed}	*спољашња аксијална сила*	0	kN "+" за силу затезања

РАВНОТЕЖА **0**

крак унутрашњих сила **z=** 46,95 cm

Гранични момент носивости пресека $M_{pl,Rd}$= 2431 kN/m > ***M_{Ed}=*** 1850 *kNm*

изложеног аксијалној сили N_{Ed}= 0 kN

ПРЕСЕК над ослонцем - средња конструкција

Гранични момент носивости пресека изложеног негативном моменту савијања
изложеног савијању и аксијалној сили према СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3

Улазни подаци (СРПС 1992-1-1, 3.1.6 i СРПС ЕН 1992-1-1/NA)

C 35/45	⇒	f_{ck}=	3,5	kN/cm^2	α_{cc}= 0,85
		f_{cd}=	2,48	kN/cm^2	γ_c= 1,20
(СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3; UIC 773, 5.1.2)	λf_{cd}=		2,11		λ= 0,85
S355	⇒	f_y=	35,5	kN/cm^2	(СРПС ЕН 1994-2, 2.4.1.2; UIC 773, 5.1.2)
		f_{yd}=	35,50	kN/cm^2	γ_{sM0}= 1,00
B500	⇒	f_y=	50	kN/cm^2	(СРПС ЕН 1992-1-1, 2.4.2.4; UIC 773, 5.1.2)
		f_{sd}=	50,00	kN/cm^2	γ_s= 1,00

Челични носач HEA 600

b_f=	30,00	cm
t_f=	2,50	cm
h=	59,00	cm
h_w=	54,00	cm
t_w=	1,30	cm

Притиснути део челичног носача

$h_{st,c}=h_{i,d}+3+t_f$=	21,71	cm
$A_{st,c}$=	99,976	cm^2
$a_{st,c}$=	17,75	cm

Притиснути бетон

s_w=	60	cm
h_{id}=	16,21	cm

Затегнути део челичног носача

$h_{st,t}$=	37,29	cm
$h_{w,st,t}=h_{st,t}-t_f$=	34,79	cm
$A_{st,t}$=	120,22	cm^2
$a_{st,t}$=	29,02	cm

Затегнута арматура

A_s	**6Ø25**	29,46	cm^2
	a_s=	43,34	cm

Носивост челичног пресека на смицање

спољашња смичућа сила у пресеку	V_{Ed}=	1373	kN	**< $V_{pl,Rd}$**
гранична носивост на смицање	$V_{pl,Rd}$=	1901	kN	(СРПС ЕН 1993-1, 6.2.6)
	ρ=	0,20		
Редукција носивости на савијање услед смичуће силе				(СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3)
	$(1-\rho)f_{yd}$=	28,49	kN/cm^2	

Унутрашње силе

N_c	*сила притиска у бетону*	2050	kN
$N_{st,c}$	*сила притиска у челику*	2848	kN
$N_{st,t}$	*сила затезања у челику*	3425	kN
N_s	*сила затезања у арматури*	1473	kN
N_{Ed}	*спољашња аксијална сила*	0	kN

"+" за силу затезања

РАВНОТЕЖА 0

крак унутрашњих сила **z=** 47,04 cm

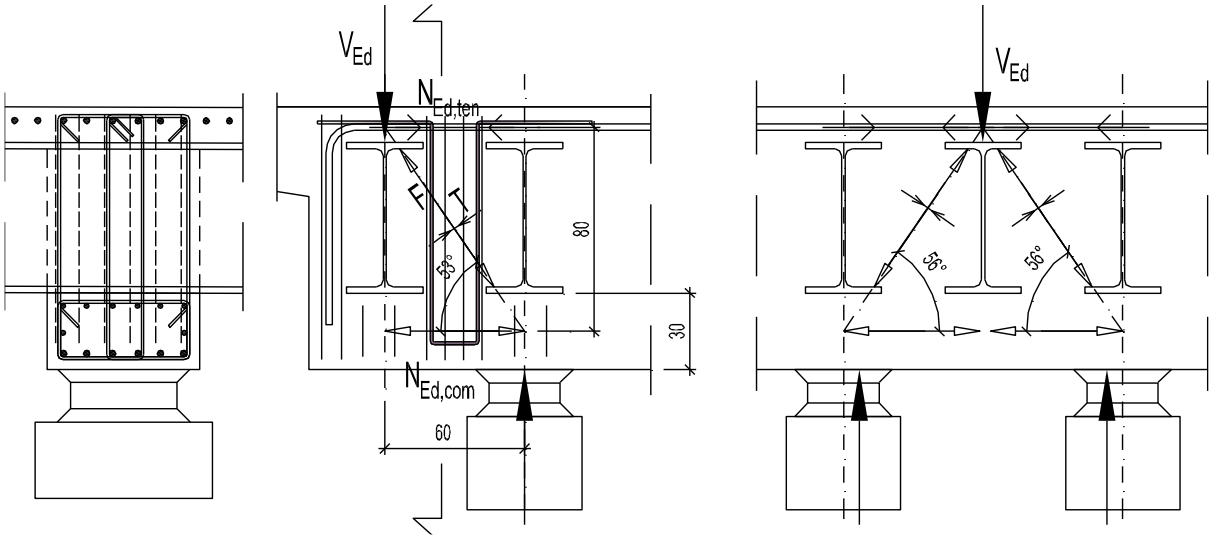
Гранични момент носивости пресека $M_{pl,Rd}$= 2304 kN/m > ***M_{Ed}=*** 1849 *kNm*

изложеног аксијалној сили N_{Ed}= 0 kN

Гранична носивост пресека на савијање и смицање је задовољена.
Ultimate bending and shear resistance is satisfied.

5.3.2 Пренос реакције у лежишта кроз средње попречне носаче / Transmission of the vertical shear forces through the transverse girder at mid supports

Прорачун помоћу модела са притиснутим штаповима и затегама (СРПС ЕН 1992-1-1, 6.5, СРПС ЕН 1992-2, ОО.2)
Strut and tie model for transmission of the vertical shear forces, transferred from the webs, to the bearings.



Меродавна је реакција крајњег носача на месту средњег ослонца.

$V_{Ed} = V_{Ed}^{6l} + V_{Ed}^{6d} = 1373 + 902 = 2275kN$ (видети поглавље 5.3) - инцидентна комбинација услед исклизнућа

$V_{Ed} = V_{Ed}^{6l} + V_{Ed}^{6d} = 592 + 694 = 1286kN$ (видети поглавље 5.3) - основна комбинација

$$N_{Ed,com} = N_{Ed,ten} = \frac{V_{Ed} \cdot 60}{80} = \frac{2275 \cdot 60}{80} = 1706kN$$

$A_s = N_{Ed,ten} / f_{yd} = 1706/50 = 34.13cm^2$ → 8Ø25 (39.26cm^2) мора се превести преко крајњег носача и усидрити / must be anchored.

$F = V_{Ed} / \sin 56° = 2275/\sin 56° = 2744kN$

$$\sigma_{Ed} = \frac{F}{60 \cdot 0.5 \cdot 80/\sin 56°} = \frac{2744}{60 \cdot 46} = 1.0kN/cm^2 < \sigma_{Rd,\max} = 0.6 \cdot (1 - 35/250) \cdot 2.48 = 1.28kN/cm^2$$ - услов испуњен

$V_{Rd,\max} = \alpha_{cw} \cdot b \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd} / (\cot\theta + \tan\theta) = 1 \cdot 60 \cdot 80 \cdot 0.6 \cdot 2.48 / (0.674 + 1.428) = 3398kN > F = 2744kN$

$T = \frac{1}{4} \cdot F = \frac{1}{4} \cdot 2744 = 686kN \rightarrow A_s = 686/50 \cdot \cos 56 = 24.54cm^2$ - силе цепања се прихватју вертикалним вешаљкама Ø14/10 (2·1.54·6=18.47cm^2) и четворосечним узенгијама Ø12/10 (4·1.13·4=18.08cm^2).

Између осталих носача изводе се вешаљке Ø12/10 и четворосечне узенгије Ø10/12.5 како је приказано у поглављу 6.3.2.

Сила притиска у доњем делу попречног носача:

$$N_{Ed,com} \rightarrow \sigma_{Ed} = \frac{N_{Ed,com}}{30 \cdot 60} = \frac{1706}{1800} = 0.95kN/cm^2 < \sigma_{Rd,\max} = 1.02kN/cm^2$$

$T = \frac{N_{Ed,com}}{4} = \frac{1704}{4} = 426kN \rightarrow A_s = 426/43.48 = 9.3cm^2$ - силе цепања се прихвата двосечним узенгијама Ø10/10 (2·0.785·6=9.42cm^2).

5.4 КОНТРОЛА КАРАКТЕРИСТИЧНЕ ШИРИНЕ ПРСЛИНА / CRACK CONTROL

Контрола карактеристичне ширине прслина у бетонској плочи изнад средњих ослонаца, ограничена је на вредност w=0.3mm код железничких мостова (UIC 773, 4.4).

Минимална армарура / Minimum reinforcement (СРПС ЕН 1994-2, 7.4.2):

$k_s = 0.9 \qquad k = 0.8$

$h_c = c_{st} = 14cm \qquad z_0 = h_{i,d}^{un(n_i)} - 0.5 \cdot c_{st} = 35.79 - 0.5 \cdot 14 = 28.79cm$

$k_c = \frac{1}{1 + h_c / 2z_0} + 0.3 = \frac{1}{1 + 14/2 \cdot 28.79} = 1. > 1 \quad \rightarrow \quad k_c = 1$

$\sigma_s = 200Mpa = 20kN/cm^2 \quad \leftarrow \quad \phi = 25\text{mm}$

$A_{s,\min} = k_s k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s = k_s k_c k f_{ct,eff} \cdot c_{st} \cdot s_w / \sigma_s = 0.9 \cdot 1 \cdot 0.8 \cdot 0.32 \cdot 14 \cdot 55 / 20 = 8.87cm^2$

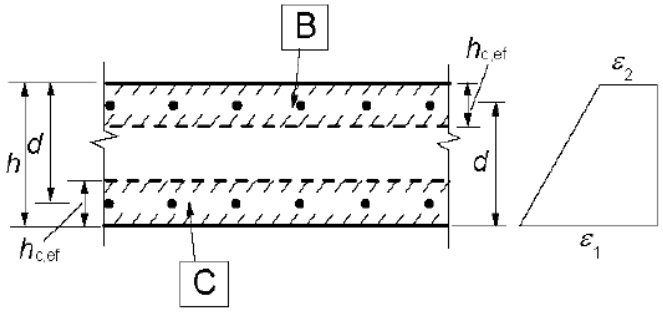
У коловозној плочи изнад средњих ослонаца усвојена арматура ***6Ø25*** (29.46cm^2)

$w_k = s_{r,\max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$ карактеристична ширина прслина / crack width

$s_{r,\max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{p,eff}$ максимално растојање прслина / maximum crack spacing

$k_1 = 0.8, \quad k_2 = 1.0, \quad k_3 = 3.4, \quad k_4 = 0.425$

Контрола карактеристичне ширине прслина извршена је за карактеристичну комбинацију оптерећења, што је на страни сигурности јер су ограничења дефинисана за квазисталну комбинацију.



B – ефективна затегнута површина бетона у горњој зони, $A_{ct,eff}$

C – ефективна затегнута површина бетона у доњој зони, $A_{cb,eff}$

$h_{c,eff} = c_{st} = 14cm \qquad A_{c,eff} = h_{c,eff} \cdot s_w = 14 \cdot 60 = 840cm^2 \qquad \rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{29.46}{840} = 0.035$

$s_{r,\max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{p,eff} = 3.4 \cdot 40 + 0.8 \cdot 1.0 \cdot 0.425 \cdot 25 / 0.035 = 378mm$

$k_t = 0.4, \quad \sigma_s = 173.7MPa, \quad f_{ct,eff} = f_{ctm} = 3.2MPa, \quad \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34} = 5.88$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}(1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0.6 \frac{173.7}{200 \cdot 10^3} = 0.521 \cdot 10^{-3}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{173.7 - 0.4 \frac{3.2}{0.035}(1 + 5.88 \cdot 0.035)}{200 \cdot 10^3} = 0.648 \cdot 10^{-3} > 0.621 \cdot 10^{-3} \quad \rightarrow \quad \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.648 \cdot 10^{-3}$$

$w_k = s_{r,\max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 378 \cdot 0.648 \cdot 10^{-3} = 0.24mm < 0.30mm$

Захтеви у погледу ограничења ширине прслина су задовољени.

The crack width limitation is met.

5.5 КОНТРОЛА ОТПОРНОСТИ НА ЗАМОР / FATIGUE VERIFICATION

Процена отпорности на замор код убетонираних ваљаних носача спроводи се само за сучени спој ваљаних носача, подужну арматуру у горњој зони код средњих ослонаца и бетон изложен напонима притиска (UIC 773, 6).

Fatigue verification for filler beam deck is carried out only for the but welded splice of roled beams, longitudinal reinforcement at the intermediate supports and the concrete exposed to compressive stresses (UIC 773, 6).

5.5.1 Контрола отпорности на замор завареног сучеоног споја главног носача / Fatique verification of the but welded splice of roled beams

Контрола отпорности на замор код железничких мостова може се спровести применом поједностављеног поступка за карактеристичну вредност саобраћајног оптерећења услед шеме LM71 (СРПС ЕН 1993-2, 9.2.3).

Fatigue verification for railway bridges can be carried out by simplified method for the characteristic values for load model 71 (SRPS EN 1993-2, 9.2.3).

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,2} \le \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}} \qquad \gamma_{Ff} = 1.0 \quad \gamma_{Mf} = 1.35$$ (СРПС ЕН 1993-2, 9.5.1)

$$\Delta\sigma_{E,2} = \lambda \cdot \Phi_2 \cdot \Delta\sigma_p \qquad \Delta\sigma_p = \left|\sigma_{p,\max} - \sigma_{p,\min}\right|$$ (СРПС ЕН 1993-2, 9.4.1)

$\Phi_2 = 1.174$ - за главни носач приказано у поглављу 2.2.2 овог прорачуна

$\lambda = \lambda_1\lambda_2\lambda_3\lambda_4 < \lambda_{max} = 1.40$ - фактор оштећења (СРПС ЕН 1993-2, 9.5.3)

Процењене вредности протока робе на траси (саобраћајни институт ЦИП):

Table 8.1.5. Forecasted goods flows

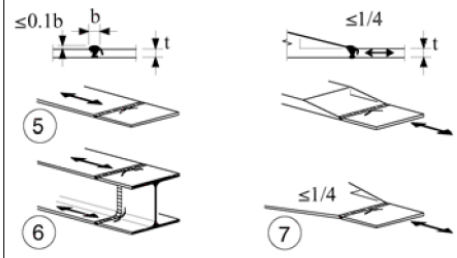
Year	Railway line section	Total	Domestic	Imports	Exports	Transit
		[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
2023	Novi Sad - Subotica	5,695,034	413,294	1,577,632	768,984	2,935,124
	Subotica - Subotica border	5,281,740	0	1,577,632	768,984	2,935,124
2025	Novi Sad - Subotica	6,181,156	455,657	1,673,710	815,815	3,235,975
	Subotica - Subotica border	5,725,500	0	1,673,710	815,815	3,235,975
2030	Novi Sad - Subotica	7,597,603	581,546	1,940,288	945,753	4,130,015
	Subotica - Subotica border	7,016,057	0	1,940,288	945,753	4,130,015
2040	Novi Sad - Subotica	9,334,083	781,549	2,365,200	1,152,868	5,034,465
	Subotica - Subotica border	8,552,534	0	2,365,200	1,152,868	5,034,465
2050	Novi Sad - Subotica	11,378,195	952,704	2,883,166	1,405,340	6,136,985
	Subotica - Subotica border	10,425,491	0	2,883,166	1,405,340	6,136,985

За одређивање фактора λ_2, усвојена је вредност од 20000t/год.

Пројектни век конструкције 100 година.

	Главни носач	ЕН 1993-2
λ_1	0.70	Tabela 9.3
λ_2	0.96	Tabela 9.5
λ_3	1.0	Tabela 9.6
λ_4	1.0	Tabela 9.7

$\lambda = 0.672$

90	size effect for t>25mm: $k_s=(25/t)^{0.2}$		5) Transverse splices in plates or flats. 6) Full cross-section butt welds of rolled sections without cope holes. 7) Transverse splices in plates or flats tapered in width or in thickness with a slope ≤ ¼. Translation of welds to be machined notch free.	- The height of the weld convexity to be not greater than 10% of the weld width, with smooth transition to the plate surface. - Weld run-on and run-off pieces to be used and subsequently removed, plate edges to be ground flush in direction of stress. - Welded from both sides; checked by NDT. Details 5 and 7: Welds made in flat position.

$$\frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}} = \frac{90}{1.35} = 66.7Mpa = 6.67kN/cm^2$$

Напони у карактеристичним тачкама попречног пресека носача за карактеристичне пресеке главног носача приказани су у поглављу 5.2 овог прорачуна.

The stresses in main girder are shown in Chapter 5.2.

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,2} \le \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}}$$

Сучеони наставак се изводи у зони нултих момената услед сталног оптерећења, између пресека 3 и 4 односно 7 и 8.

		Spregnut presek-isprskali / Composite cracked section n_v= 6								$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,2} \le \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}}$			
		anvelopa / envelope Φ3·α·$Q_{v,1}$+α·Q_{tk} maxM				anvelopa / envelope Φ3·α·$Q_{v,1}$+α·Q_{tk} minM							
Presek	x [m]	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\max\Delta\sigma_p$ [kN/cm²]	$\Delta\sigma_{E,2}$ [kN/cm²]	$\gamma_{Ff}\Delta\sigma_{E,2}$ [kN/cm²]	$\Delta\sigma_c/\gamma_{Mf}$ [kN/cm²]
3	6.74	7.01	6.68	-0.41	-0.74	-1.82	-1.58	3.65	3.89	8.83	7.01	7.01	6.67
4	8.74	5.47	5.21	-0.32	-0.58	-2.39	-2.07	4.80	5.11	7.86	6.24	6.24	6.67
7	14.20	1.70	1.62	-0.10	-0.18	-1.81	-1.57	3.62	3.87	4.05	3.21	3.21	6.67
8	16.20	5.70	5.43	-0.34	-0.60	-1.16	-1.00	2.32	2.47	6.86	5.44	5.44	6.67

Отпорност на замор сученог споја ваљаних носача је задовољена.

Fatique verification of the but welded splice of roled beams is adequate.

5.5.2 Контрола отпорности на замор бетона и подужне арматуре / Fatigue verification of concrete and longitudinal reinforcement

Сходно одредбама тачке 6.8.7 (101), стандарда СРПС ЕН 1992-2, за бетонске односно железничке мостове, отпорност челика за армирање као и отпорност на замор притиснутог бетона може се спровести применом поједностављеног поступка приказаног у Додатку НН3, СРПС ЕН 1992-2.

Контрола отпорности на замор се сходно приближном поступку спроводи за шему саобраћајног оптерећења LM71 односно SW/0, која се не множи коефицијентом α, док се динамички ефекти уводе посредством динамичког коефицијента Ф према СРПС ЕН 1991-2, 6.4.5.2.

Вредност динамичког коефицијента као и прерасподела саобраћјног оптерећења приказани су у Поглављу 2.2. Статички утицаји услед шема оптерећења LM71 односно SW/0, као и сталних оптерећења приказани у Поглављима 5.1 односно 5.2.

A simplified approach based on λ values may be used for the verification for railway bridges, as show in Annex NN.

5.5.2.1 Арматурни челик / Reinforcing steel

Сматра се да је носивост на замор арматурног челика адекватна уколико је задовољен услов (СРПС ЕН 1992-1-1, 6.8.5 (3)):

$$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta\sigma_{s,equ} \le \frac{\Delta\sigma_{Rsk}}{\gamma_{s,fat}}$$

$\Delta\sigma_{Rsk} = \zeta \cdot 162.5 = (0.35 + 0.026 \cdot D/\phi) \cdot 162.5 = 120.25 Mpa$ (СРПС ЕН 1992-1-1, табела 6.3H)

$\gamma_{F,fat} = 1.0$ (СРПС ЕН1992-1-1, 2.4.2.3(1))

$\gamma_{s,fat} = 1.15$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 2.4.2.4(1))

$\Delta\sigma_{s,equ} = \lambda_s \cdot \Delta\sigma_{s,71}$ (СРПС ЕН 1992-2, Додатак НН3)

$\lambda_s = \lambda_{s,1}\lambda_{s,2}\lambda_{s,3}\lambda_{s,4}$

$\lambda_{s,1} = \lambda_{s,1}(2m) + \left[\lambda_{s,1}(20m) - \lambda_{s,1}(20m)\right](\log L - 0.3)$ (СРПС ЕН 1992-2, Додатак НН3 (103), Таблица НН.2)

Дужина утицајне линије за минимални моменат изнад средњег ослонца L=11.6+17.4=29m>20m

$\lambda_{s,1} = \lambda_{s,1}(20m) = 0.7$

$\lambda_{s,2} = (V_{ol} / 25x10^6)^{(1/k2)} = (20 \times 10^4/25x10^6)^{(1/9)} = 0.585$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 6.8 Таблица 6.3N)

$\lambda_{s,3} = (N_{Years} / 100)^{(1/k2)}$ за пројектовани животни век моста 100 година $\lambda_{s,3} = 1.0$

$\lambda_{s,4}$ = 1.0 усвојено 1 што је на страни сигурности

$\lambda_s = 0.7 \cdot 0.585 \cdot 1 \cdot 1 = 0.41$

$$\Delta\sigma_{s,71} = \max\sigma_{s,71} - \min\sigma_{s,71}$$

PRESEK	$\max\sigma_{s.71(SW0)}$ [Mpa]	$\min\sigma_{s.71(SW0)}$ [Mpa]	$\Delta\sigma_{s.71(SW0)}$ [Mpa]	λs1	λs	$\Delta\sigma_{s.eau}$ [Mpa]	$\gamma_{F.fat}\cdot\Delta\sigma_{s.eau}$ [Mpa]	uslov	$\Delta\sigma_{Rsk}/\gamma_{s.fat}$ [Mpa]
4	-64.53	58.8	123.4	0.70	0.41	50.5	50.5	<	105
5	-26.84	75.1	102.0	0.70	0.41	41.7	41.7	<	105
6	-1.30	120.1	121.4	0.70	0.41	49.7	49.7	<	105
7	-2.01	120.1	122.1	0.70	0.41	50.0	50.0	<	105

Отпорност на замор арматурног челика је задовољена.

Fatigue verification of the reinforcing steel is adequate.

5.5.2.2 Бетон изложен напонима притиска / Concrete subjected to compression

За бетон изложен напонима притиска може се претпоставити одговарајућа отпорност на замор уколико је задовољен услов (СРПЦ ЕН 1992-2, НН.3.2 (101)):

$$14 \cdot \frac{1 - E_{cd,\max,equ}}{\sqrt{1 - R_{edu}}} \geq 6$$

$$R_{equ} = \frac{E_{cd,\min,equ}}{E_{cd,\max,equ}} \quad E_{cd,\min,equ} = \gamma_{sd} \cdot \frac{\sigma_{cd,\min,equ}}{f_{cd,fat}} \quad E_{cd,\max,equ} = \gamma_{sd} \cdot \frac{\sigma_{cd,\max,equ}}{f_{cd,fat}}$$

$$\sigma_{cd,\max,equ} = \sigma_{c,perm} + \lambda_c \cdot (\sigma_{c,\max,71} - \sigma_{c,perm})$$

$$\sigma_{cd,\min,equ} = \sigma_{c,perm} - \lambda_c \cdot (\sigma_{c,perm} - \sigma_{c,\min,71})$$

$$\gamma_{sd} = 1.0 \quad f_{cd,fat} = k_1 \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{cd} \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 6.8.7(1))

$k_1 = 0.85$ (СРПС ЕН 1992-2/НА, 2.20)

$\beta_{cc}(t_0 = 28) = 1.0$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 3.1.2(6))

$$\lambda_{c,0} = 0.94 + 0.2 \cdot (\sigma_{c,per} / f_{cd,fat}) \geq 1$$ (СРПС ЕН 1992-2, НН.3.2)

$$\lambda_{c,1} = \lambda_{c,1}(2m) + \left[\lambda_{c,1}(20m) - \lambda_{c,1}(20m)\right](\log L - 0.3)$$ (СРПС ЕН 1992-2, Додатак НН3.2 (105))

$$\lambda_{c,2,3} = 1 + \frac{1}{8}\log\left[\frac{\text{Vol}}{25 \cdot 10^6}\right] + \frac{1}{8}\log\left[\frac{N_{years}}{100}\right]$$

$\lambda_{c,2,3}$=0.612 за пројектовани 'животни век' моста 100 година ако усвојимо максимални волумен саобраћаја од 20x10^4

$\lambda_{c,4}$ = 1.0

f_{ck}	γ_{sd}	γ_c	α_{cc}	β_{cc}	k_1	f_{cd}	$f_{cd,fat}$
[Mpa]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[Mpa]	[Mpa]
35	1	1,5	0,85	1	0,85	19,83	14,50

PRESEK	$\sigma_{c,perm}$	$\sigma_{c,max,71}$	$\sigma_{c,min,71}$	$\lambda_{c,0}$	$\lambda_{c,1}$	λ_c	$\sigma_{cd,max,equ}$	$\sigma_{cd,min,equ}$	$E_{cd,max,equ}$	$E_{cd,min,equ}$	R_{equ}	$14 \cdot \frac{1-E_{cd,max,equ}}{\sqrt{1-R_{edu}}}$		
	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[-]	[-]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[-]	[-]			
1	-0.59	-3.22	-0.59	1.00	0.65	0.398	-1.64	-0.59	-0.113	-0.041	0.36	19.52	>	6
2	-0.80	-4.89	-0.80	1.00	0.65	0.398	-2.43	-0.80	-0.168	-0.055	0.33	19.98	>	6
3	-0.64	-4.94	-0.64	1.00	0.65	0.398	-2.35	-0.64	-0.162	-0.044	0.27	19.07	>	6
4	-0.14	-3.49	-0.14	1.00	0.70	0.428	-1.57	-0.14	-0.109	-0.009	0.09	16.24	>	6
5	-0.61	-5.02	-0.61	1.00	0.40	0.245	-1.69	-0.61	-0.116	-0.042	0.36	19.53	>	6
6	-1.58	-8.64	-1.58	1.00	0.70	0.428	-4.60	-1.58	-0.318	-0.109	0.34	22.77	>	6
6	-1.58	-8.64	-1.58	1.00	0.70	0.428	-4.60	-1.58	-0.318	-0.109	0.34	22.77	>	6
7	-0.35	-2.96	-0.35	1.00	0.70	0.428	-1.46	-0.35	-0.101	-0.024	0.24	17.64	>	6
8	-0.52	-4.02	-0.52	1.00	0.53	0.324	-1.66	-0.52	-0.114	-0.036	0.31	18.84	>	6
9	-1.05	-6.34	-1.05	1.00	0.53	0.324	-2.77	-1.05	-0.191	-0.072	0.38	21.17	>	6
10	-1.25	-7.22	-1.25	1.00	0.53	0.324	-3.19	-1.25	-0.220	-0.086	0.39	21.92	>	6

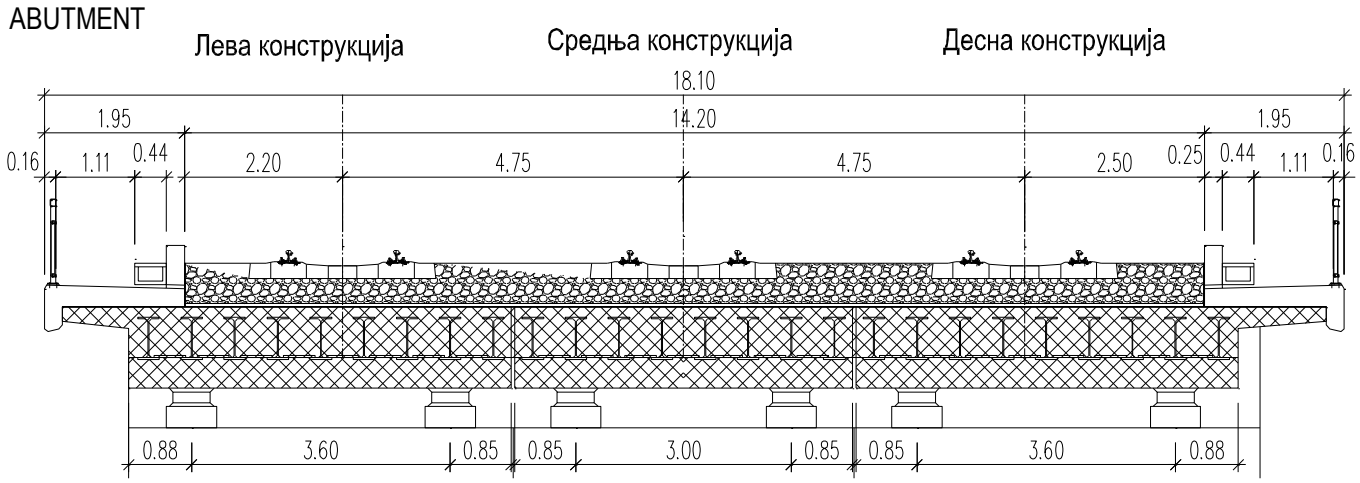
Отпорност на замор притиснутог бетона је задовољена.

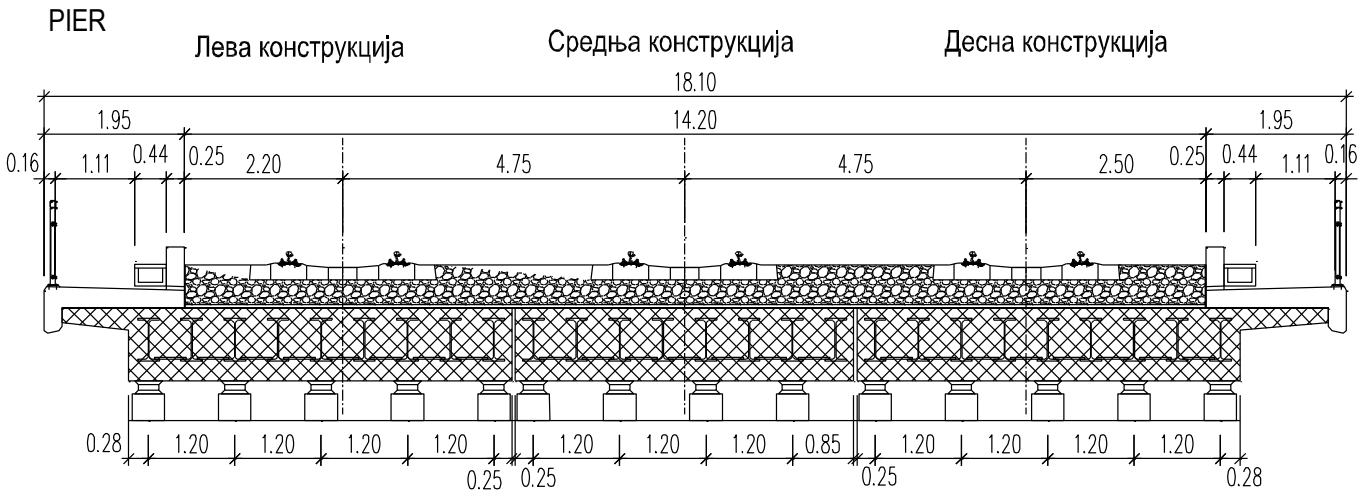
Fatigue verification of the concrete subjected to compression is adequate.

6 ПОПРЕЧНИ НОСАЧИ / CROSS GIRDERS

Попречни носачи изводе се у две фазе. Доњи део носача монтира се у коначан положај на лежишта, и у првој фази представља лежишну греду за челичне носаче. Након постављања ваљаних челичних носача у пројектовани положај, горњи део носача изводи се ливењем на лицу места. На овај начин омогућено је да свака од конструкција буде ослоњена на обалне стубове преко два лежишта, док су на месту средњих стубова лежишта постављена испод сваког другог челичног носача.

Cross girders are constructed in two phases. The lower part of the girder is precast and erected in the final position on the bearings, and in the first phase it represents the bearing beam for steel girders. After placing the rolled steel girders in the designed position, the upper part of the girders is performed by casting in-sity. This way, it is possible for each of the structures to be supported on the abutments over two bearings, while at the midl piers the bearings are placed under every other steel girder.

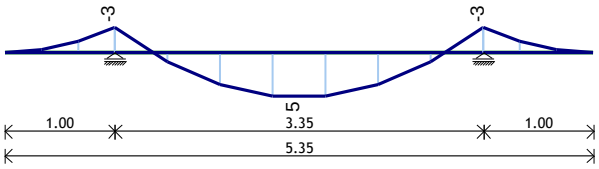




6.1 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ У КРАЈЊИМ ОСЛОНАЧКИМ НОСАЧИМА / INTERNAL FORCES AND MOMENTS IN END CROSS GIRDERS

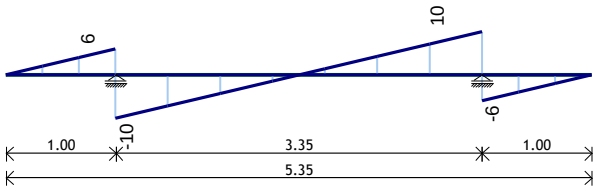
6.1.1 Фаза монтаже доњег дела носача / Erection of the lower part of the girder

Опт. 1: (g)



Утицаји у греди: max M3= 5 / min M3= -3 kNm

Опт. 1: (g)



Утицаји у греди: max T2= 10 / min T2= -10 kN

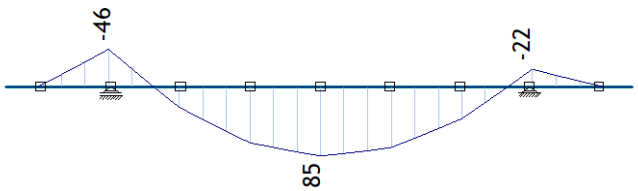
Статички утицаји у фази монтаже нису меродавни за димензионисање. Усвојена арматура имаће довољну носивост и за фазу монтаже доњег дела носача.

Internal forces and moments at the erection phase are not relevant for dimensioning. The adopted reinforcement will have sufficient load-bearing capacity for the erection phase of the lower part of the cross girder.

6.1.2 I фаза - тежина челика и свежег бетона $G_{k,1}$

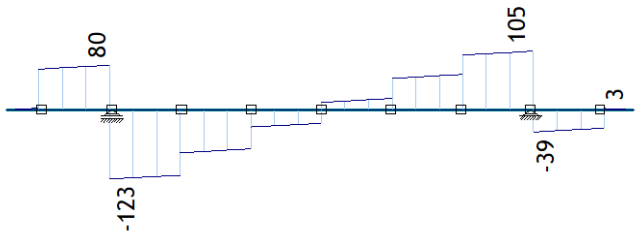
Лева и десна конструкција / Left and right structure

Opt. 3: Gk1 - g čelik+g svež beton



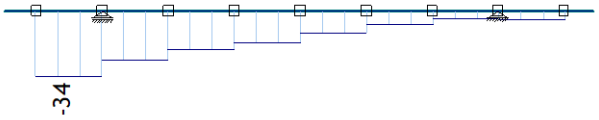
Uticaji u gredi: max M3= 85 / min M3= -46 kNm
Opt. 3: Gk1 - g čelik+g svež beton

Opt. 3: Gk1 - g čelik+g svež beton

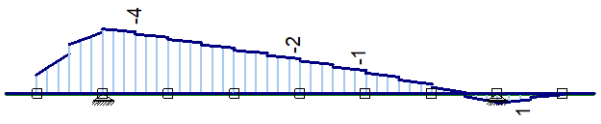


Uticaji u gredi: max T2= 105 / min T2= -123 kN

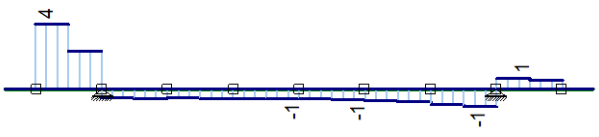
Опт. 1: mt - konzole



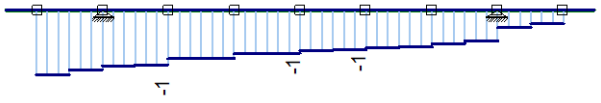
Uticaji u gredi: max M1= 0 / min M1= -34 kNm
Опт. 1: mt - konzole



Утицаји у греди: max M3= 1 / min M3= -4 kNm
Опт. 1: mt - konzole



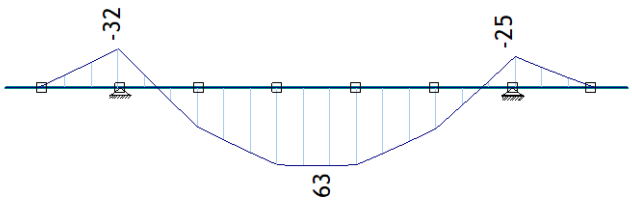
Утицаји у греди: max T2= 4 / min T2= -1 kN



Утицаји у греди: max M1= -0 / min M1= -1 kNm

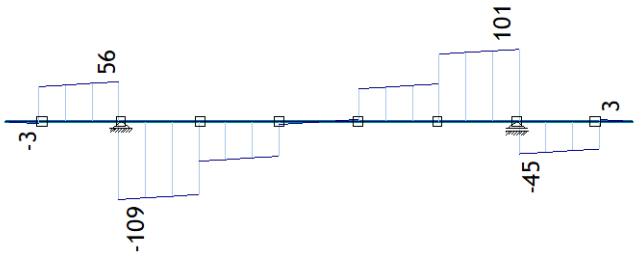
Средња конструкција / Mid structure

Opt. 3: Gk1 - g čelik+g svež beton

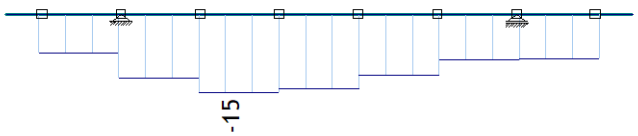


Uticaji u gredi: max M3= 63 / min M3= -32 kNm

Opt. 3: Gk1 - g čelik+g svež beton



Uticaji u gredi: max T2= 101 / min T2= -109 kN

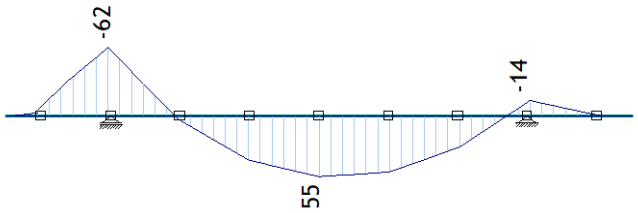


Uticaji u gredi: max M1= 0 / min M1= -15 kNm

6.1.3 II фаза - Стални терет $G_{k,2}$

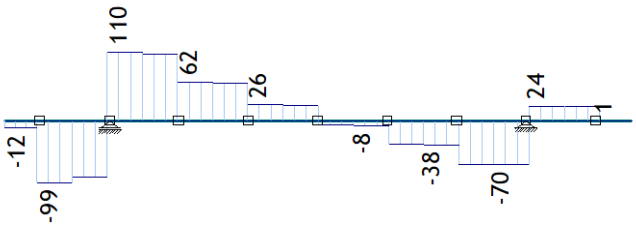
Лева и десна конструкција / Left and right structure

Opt. 1: Gk2 stalnii teret +30% balast



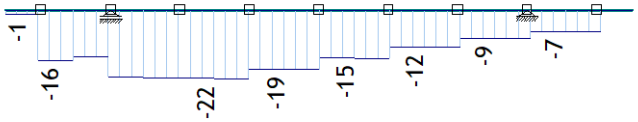
Uticaji u gredi: max M3= 55 / min M3= -62 kNm

Opt. 1: Gk2 stalnii teret +30% balast



Uticaji u gredi: max T2= 110 / min T2= -99 kN

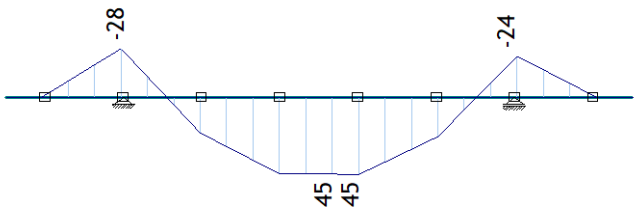
Opt. 1: Gk2 stalnii teret +30% balast



Uticaji u gredi: max M1= 0 / min M1= -22 kNm

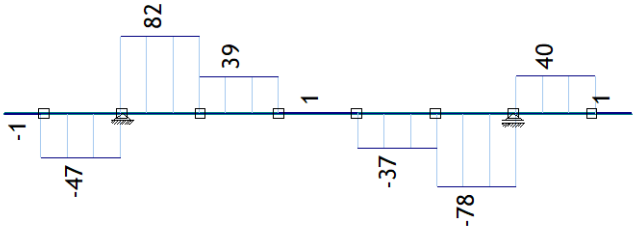
Средња конструкција / Mid structure

Opt. 1: Gk2 stalnii teret+30% balasta



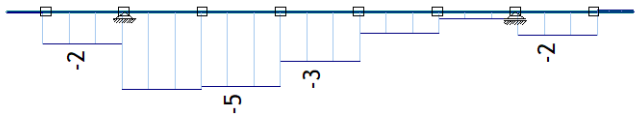
Uticaji u gredi: max M3= 45 / min M3= -28 kNm

Opt. 1: Gk2 stalnii teret+30% balasta



Uticaji u gredi: max T2= 82 / min T2= -78 kN

Opt. 1: Gk2 stalnii teret+30% balasta

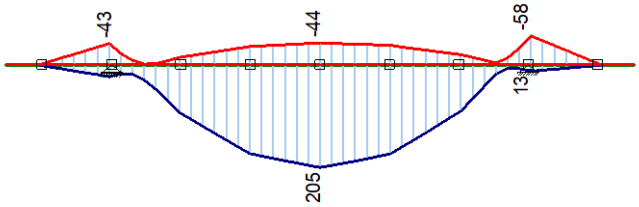


Uticaji u gredi: max M1= 0 / min M1= -5 kNm

6.1.4 Саобраћајно оптерећење, шеме LM71, SW/0 и SW/2 - $\alpha \cdot \Phi 3 \cdot Q_{v1} + \alpha \cdot Q_{tk}$

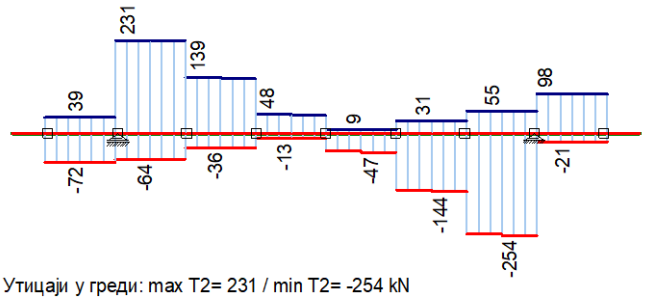
Лева и десна конструкција / Left and right structure

Опт. 5: [Анв] 2-4



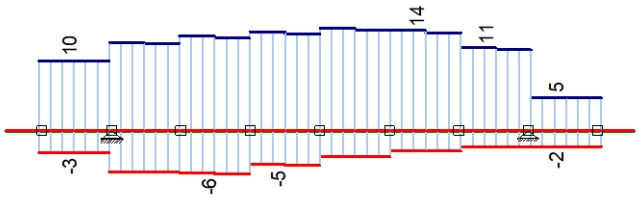
Утицаји у греди: max M3= 205 / min M3= -58 kNm

Опт. 5: [Анв] 2-4



Утицаји у греди: max T2= 231 / min T2= -254 kN

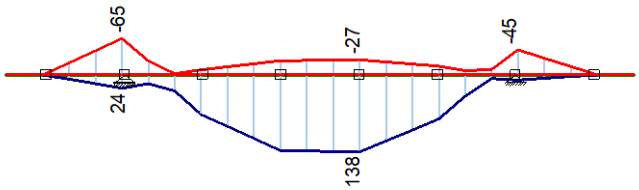
Опт. 5: [Анв] 2-4



Утицаји у греди: max M1= 15 / min M1= -6 kNm

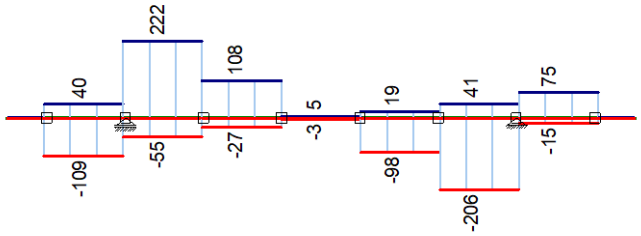
Средња конструкција / Mid structure

Опт. 5: [Анв] 2-4



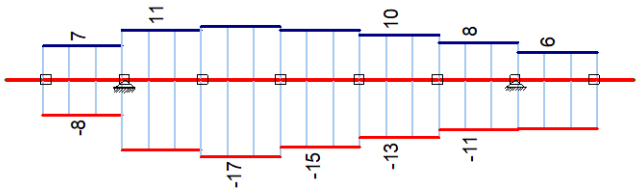
Утицаји у греди: max M3= 138 / min M3= -65 kNm

Опт. 5: [Анв] 2-4



Утицаји у греди: max T2= 222 / min T2= -206 kN

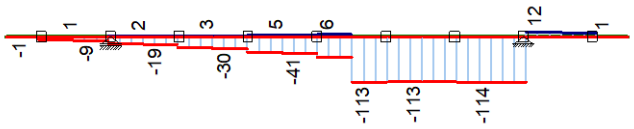
Опт. 5: [Анв] 2-4



Утицаји у греди: max M1= 12 / min M1= -17 kNm

6.1.5 Сила бочног удара α·Q_{sk}

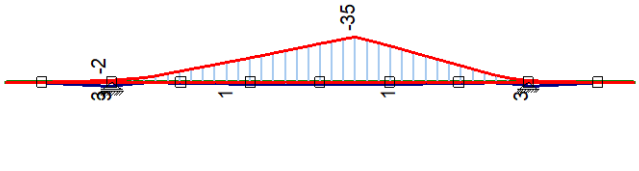
Опт. 1: axQsk



Рам: V_1
Утицаји у греди: max N1= 12 / min N1= -114 kN

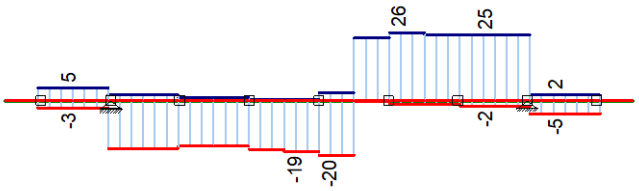
6.1.6 Силе од кочења и покретања воза Q_{lak} ,Q_{lbk}

Опт. 2: axQlak za LM71 i SW/0

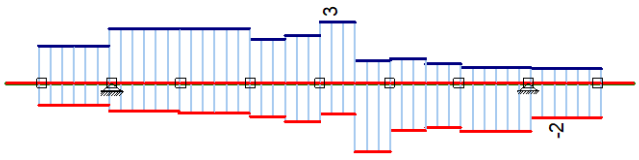


Рам: V_1
Утицаји у греди: max M3= 3 / min M3= -35 kNm
Опт. 2: axQlak za LM71 i SW/0

Опт. 2: axQlak za LM71 i SW/0



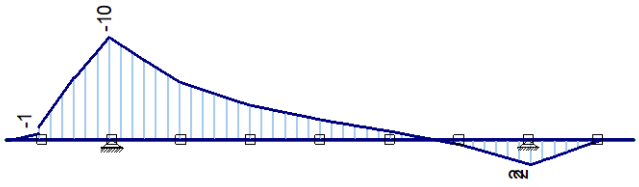
Рам: V_1
Утицаји у греди: max T2= 26 / min T2= -20 kN



Рам: V_1
Утицаји у греди: max M1= 3 / min M1= -3 kNm

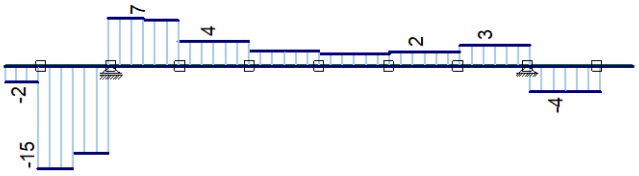
6.1.7 Корисно оптерећење на ревизионим стазама q_{fk}

Опт. 4: qfk

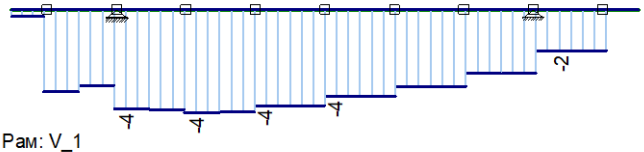


Рам: V_1
Утицаји у греди: max M3= 2 / min M3= -10 kNm
Опт. 4: qfk

Опт. 4: qfk



Рам: V_1
Утицаји у греди: max T2= 7 / min T2= -15 kN

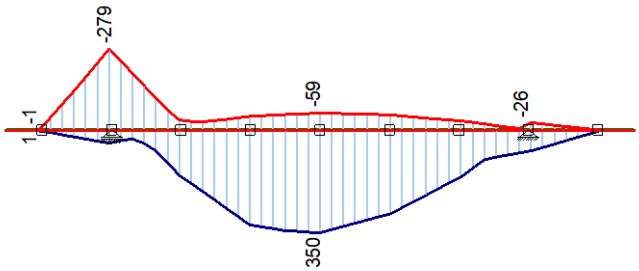


Рам: V_1
Утицаји у греди: max M1= -0 / min M1= -4 kNm

6.1.8 Утицај исклизнућа железничких возила на мосту Q_{Ad}

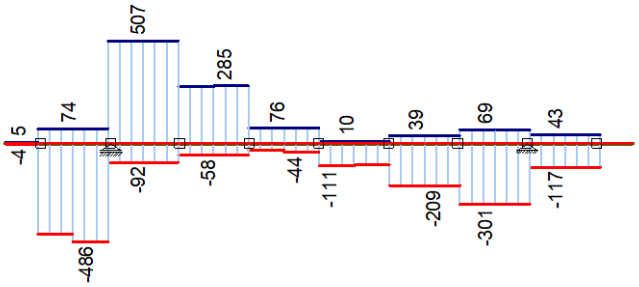
Лева и десна конструкција / Left and right structure

Опт. 7: [Анв] 1-6



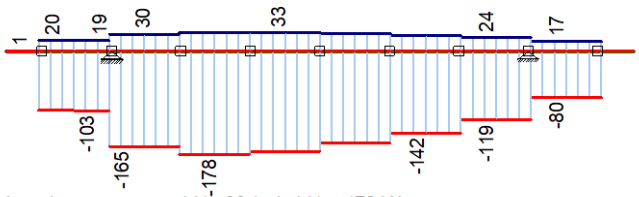
Утицаји у греди: max M3= 351 / min M3= -279 kNm

Опт. 7: [Анв] 1-6



Утицаји у греди: max T2= 507 / min T2= -486 kN

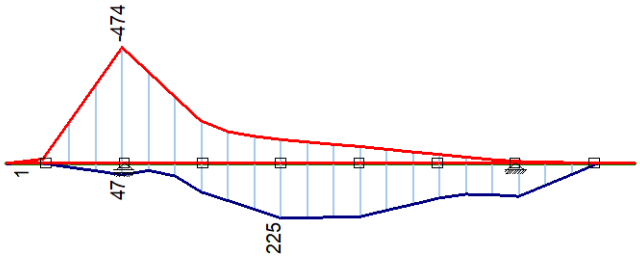
Опт. 7: [Анв] 1-6



Утицаји у греди: max M1= 33 / min M1= -178 kNm

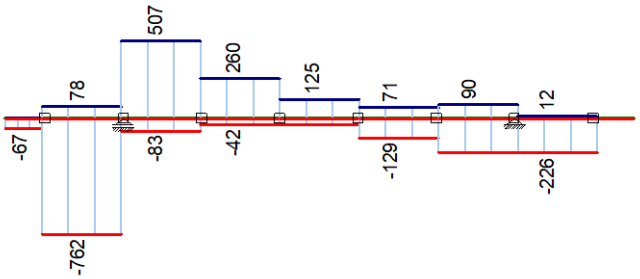
Средња конструкција / Mid structure

Опт. 7: [Anv. QAd] 1-6



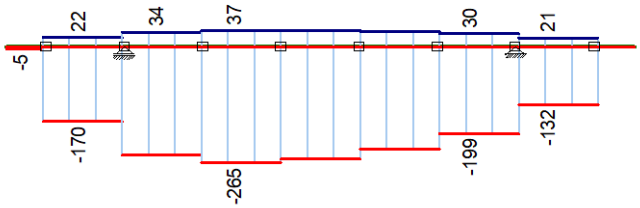
Утицаји у греди: max M3= 225 / min M3= -474 kNm

Опт. 7: [Anv. QAd] 1-6



Утицаји у греди: max T2= 507 / min T2= -762 kN

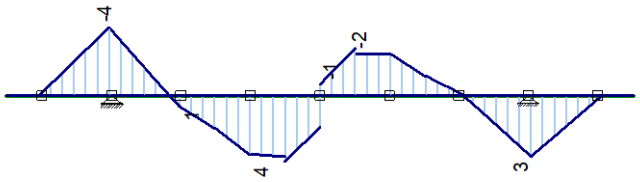
Опт. 7: [Anv. QAd] 1-6



Утицаји у греди: max M1= 37 / min M1= -265 kNm

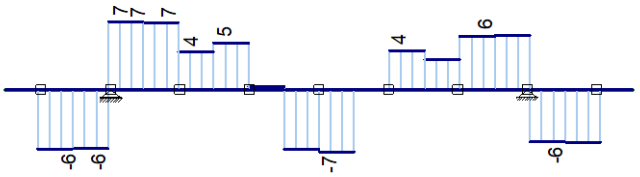
6.1.9 Оптерећење ветром $F_{w,train}$

Опт. 5: Fw,train

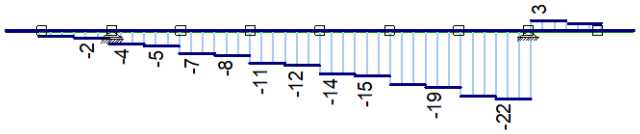


Рам: V_1
Утицаји у греди: max M3= 4 / min M3= -4 kNm
Опт. 5: Fw,train

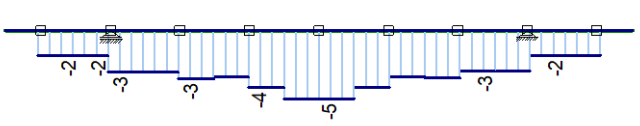
Опт. 5: Fw,train



Рам: V_1
Утицаји у греди: max T2= 7 / min T2= -7 kN
Опт. 5: Fw,train



Рам: V_1
Утицаји у греди: max N1= 3 / min N1= -22 kN

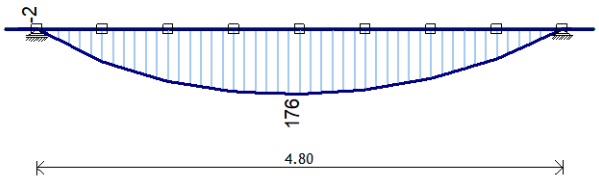


Рам: V_1
Утицаји у греди: max M1= -0 / min M1= -5 kNm

6.1.10 Конструкција на привременим ослонцима приликом замене лежишта / Construction on temporary supports due to bearing replacing

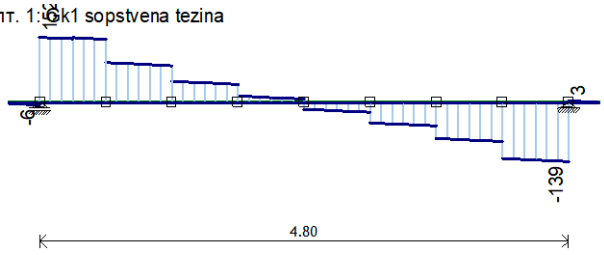
Лева и десна конструкција / Left and right structure

Опт. 1: Gk1 sopstvena tezina



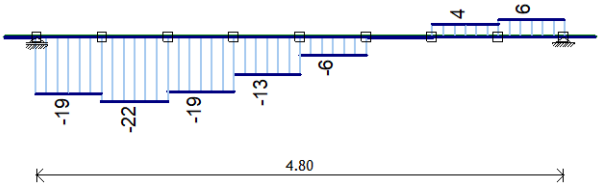
Утицаји у греди: max M3= 176 / min M3= -2 kNm

Опт. 1: Gk1 sopstvena tezina



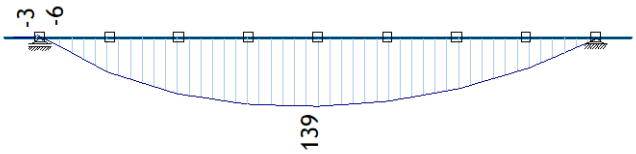
Утицаји у греди: max T2= 152 / min T2= -139 kN

Опт. 1: Gk1 sopstvena tezina



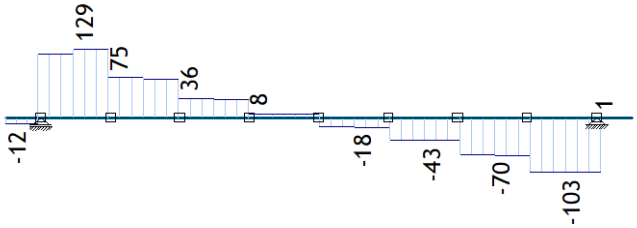
Утицаји у греди: max M1= 6 / min M1= -22 kNm

Opt. 2: Gk2 stalnii teret +30% balast

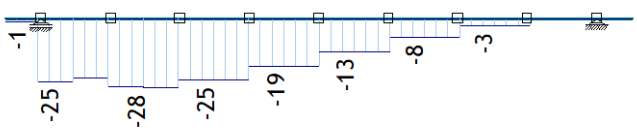


Uticaji u gredi: max M3= 139 / min M3= -6 kNm

Opt. 2: Gk2 stalnii teret +30% balast

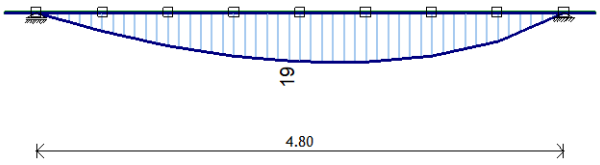


Uticaji u gredi: max T2= 129 / min T2= -103 kN



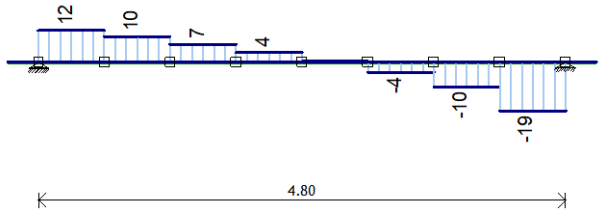
Uticaji u gredi: max M1= 0 / min M1= -28 kNm

Опт. 3: izdizanje oslonaca 1cm C1



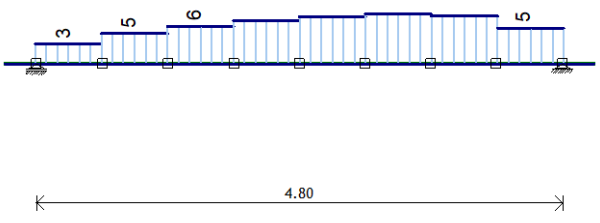
Утицаји у греди: max M3= 19 / min M3= -0 kNm

Опт. 3: izdizanje oslonaca 1cm C1



Утицаји у греди: max T2= 12 / min T2= -19 kN

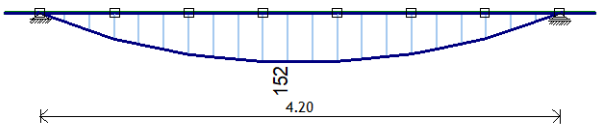
Опт. 3: izdizanje oslonaca 1cm C1



Утицаји у греди: max M1= 7 / min M1= 0 kNm

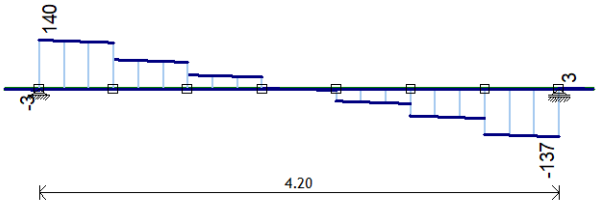
Средња конструкција / Mid structure

Опт. 1: Gk1 sopstvena tezina



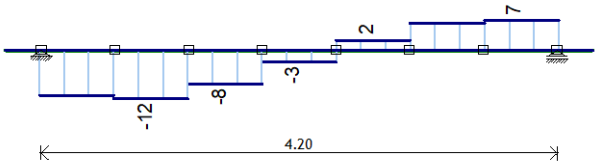
Утицаји у греди: max M3= 152 / min M3= -0 kNm

Опт. 1: Gk1 sopstvena tezina



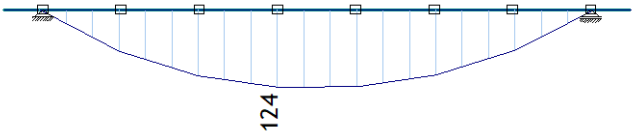
Утицаји у греди: max T2= 140 / min T2= -137 kN

Опт. 1: Gk1 sopstvena tezina



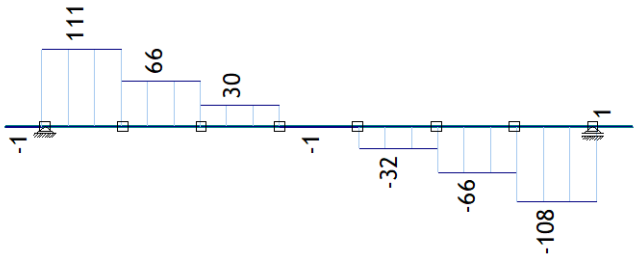
Утицаји у греди: max M1= 7 / min M1= -12 kNm

Opt. 1: Gk2 stalnii teret+30% balasta



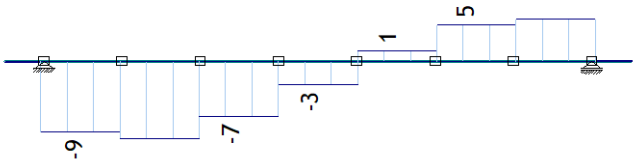
Uticaji u gredi: max M3= 124 / min M3= -0 kNm

Opt. 1: Gk2 stalnii teret+30% balasta



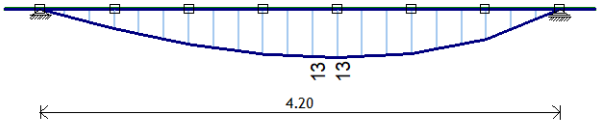
Uticaji u gredi: max T2= 111 / min T2= -108 kN

Opt. 1: Gk2 stalnii teret+30% balasta



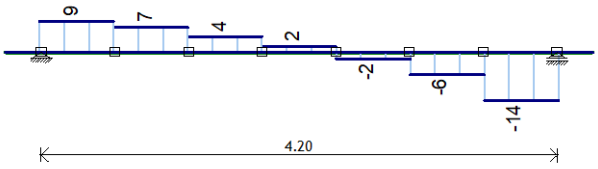
Uticaji u gredi: max M1= 5 / min M1= -10 kNm

Опт. 3: izdizanje oslonaca 1cm C1



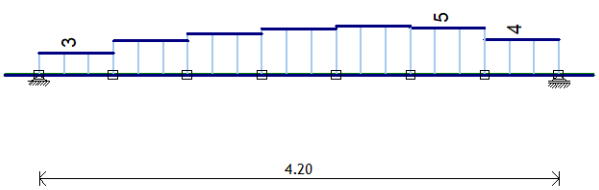
Утицаји у греди: max M3= 13 / min M3= -0 kNm

Опт. 3: izdizanje oslonaca 1cm C1



Утицаји у греди: max T2= 9 / min T2= -14 kN

Опт. 3: izdizanje oslonaca 1cm C1



Утицаји у греди: max M1= 6 / min M1= 0 kNm

6.2 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ У СРЕДЊИМ ОСЛОНАЧКИМ НОСАЧИМА / INTERNAL FORCES AND MOMENTS IN MID CROSS GIRDERS

6.2.1 Фаза монтаже доњег дела носача

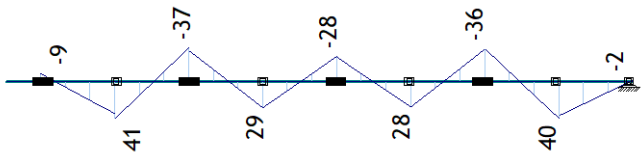
Статички утицаји у фази монтаже нису меродавни за димензионисање. Усвојена арматура имаће довољну носивост и за фазу монтаже доњег дела носача.

Internal forces and moments at the erection phase are not relevant for dimensioning. The adopted reinforcement will have sufficient load-bearing capacity for the erection phase of the lower part of the cross girder.

6.2.2 I фаза - тежина челика и свежег бетона $G_{k,1}$

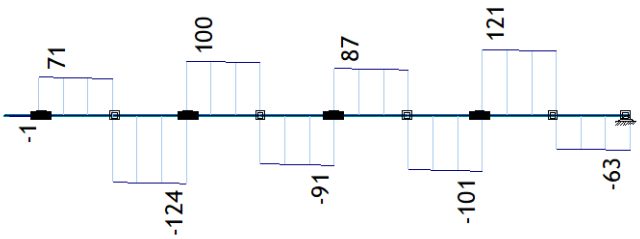
Лева и десна конструкција / Left and right structure

Opt. 3: Gk1 - g čelik+g svež beton



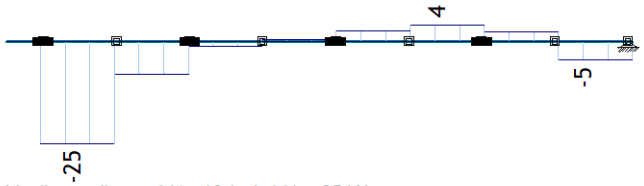
Uticaji u gredi: max M3= 47 / min M3= -112 kNm

Opt. 3: Gk1 - g čelik+g svež beton



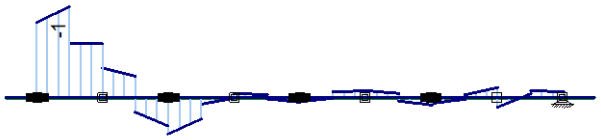
Uticaji u gredi: max T2= 181 / min T2= -185 kN

Опт. 1: mt - konzole

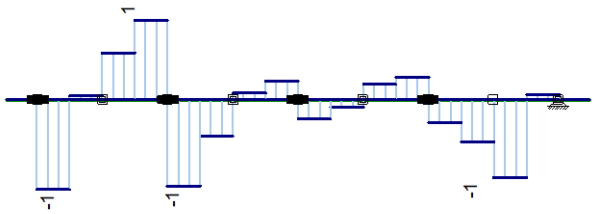


Uticaji u gredi: max M1= 19 / min M1= -25 kNm

Опт. 1: mt - konzole



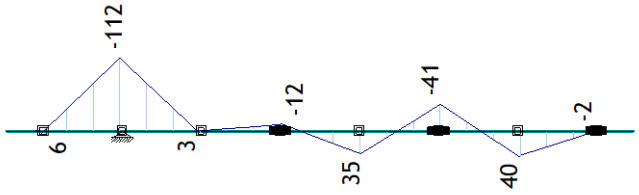
Утицаји у греди: max M3= 0 / min M3= -1 kNm



Утицаји у греди: max T2= 1 / min T2= -1 kN

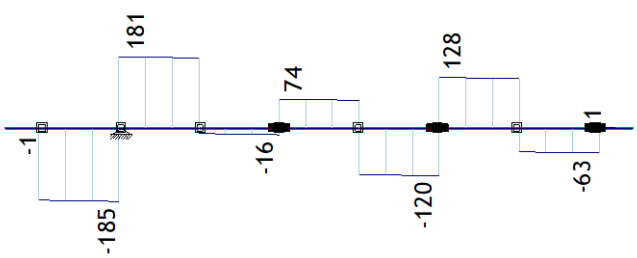
Средња конструкција / Mid structure

Opt. 3: Gk1 - g čelik+g svež beton



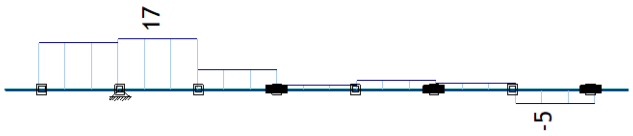
Uticaji u gredi: max M3= 47 / min M3= -112 kNm

Opt. 3: Gk1 - g čelik+g svež beton



Uticaji u gredi: max T2= 181 / min T2= -185 kN

Opt. 3: Gk1 - g čelik+g svež beton

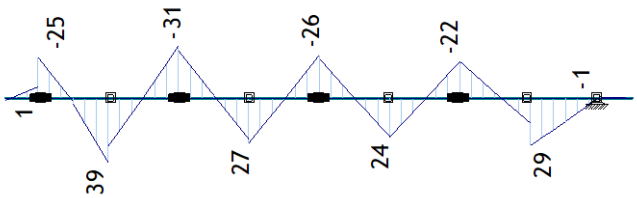


Uticaji u gredi: max M1= 19 / min M1= -25 kNm

6.2.3 II фаза - Стални терет $G_{k,2}$

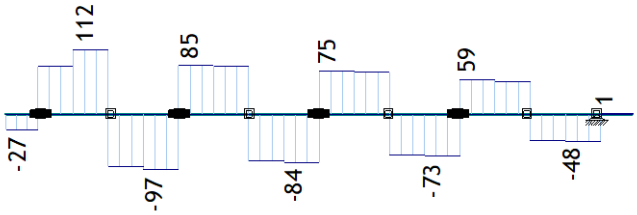
Лева и десна конструкција / Left and right structure

Opt. 1: Gk2 stalnii teret +30% balast



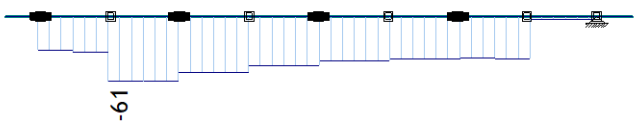
Uticaji u gredi: max M3= 39 / min M3= -31 kNm

Opt. 1: Gk2 stalnii teret +30% balast



Uticaji u gredi: max T2= 112 / min T2= -97 kN

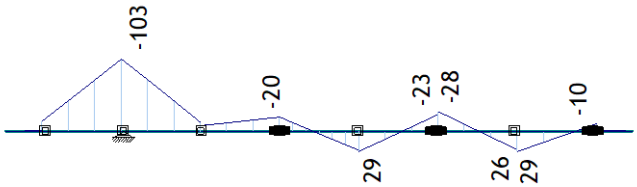
Opt. 1: Gk2 stalnii teret +30% balast



Uticaji u gredi: max M1= 0 / min M1= -61 kNm

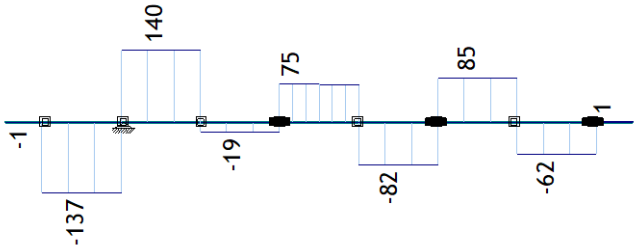
Средња конструкција / Mid structure

Opt. 1: Gk2 stalnii teret+30% balasta



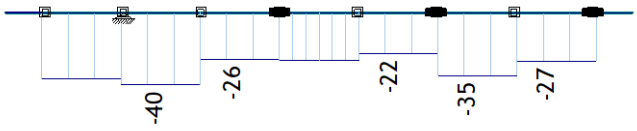
Uticaji u gredi: max M3= 29 / min M3= -103 kNm

Opt. 1: Gk2 stalnii teret+30% balasta



Uticaji u gredi: max T2= 140 / min T2= -137 kN

Opt. 1: Gk2 stalnii teret+30% balasta

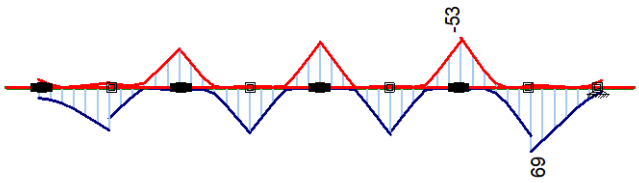


Uticaji u gredi: max M1= 0 / min M1= -40 kNm

6.2.4 Саобраћајно оптерећење, шеме LM71, SW/0 и SW/2 - α·Ф3·Q_{v1}+α·Q_{tk}

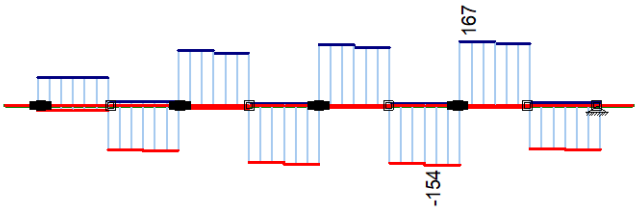
Лева и десна конструкција / Left and right structure

Опт. 5: [Анв] 2-4

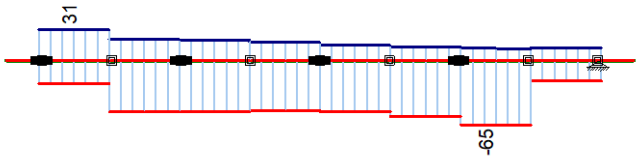


Утицаји у греди: max M3= 69 / min M3= -53 kNm
Опт. 5: [Анв] 2-4

Опт. 5: [Анв] 2-4



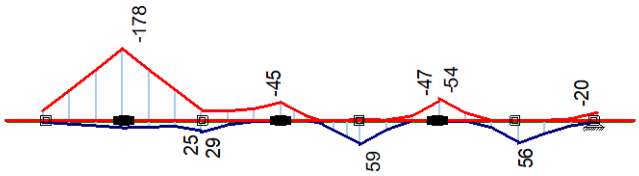
Утицаји у греди: max T2= 167 / min T2= -154 kN



Утицаји у греди: max M1= 31 / min M1= -65 kNm

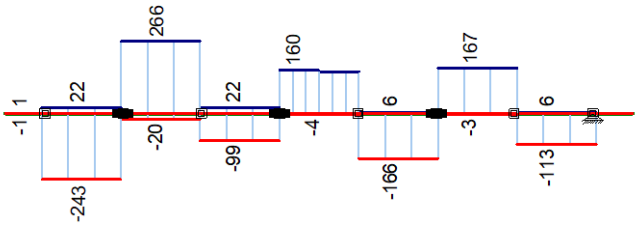
Средња конструкција / Mid structure

Опт. 5: [Анв] 2-4

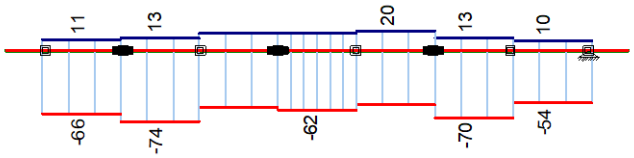


Утицаји у греди: max M3= 59 / min M3= -178 kNm
Опт. 5: [Анв] 2-4

Опт. 5: [Анв] 2-4



Утицаји у греди: max T2= 266 / min T2= -243 kN



Утицаји у греди: max M1= 20 / min M1= -74 kNm

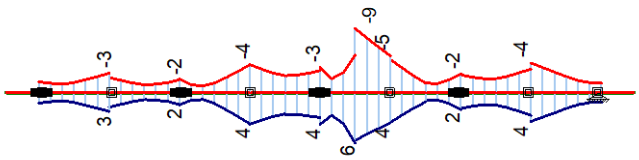
6.2.5 Сила бочног удара α·Qsk

Опт. 1: axQsk

Рам: K_1
Утицаји у греди: max N1= 8 / min N1= -118 kN

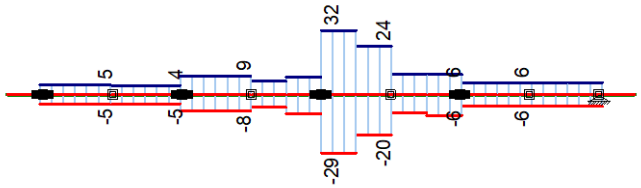
6.2.6 Силе од кочења и покретања воза Q_{lak} ,Q_{lbk}

Опт. 2: axQlak za LM71 i SW/0

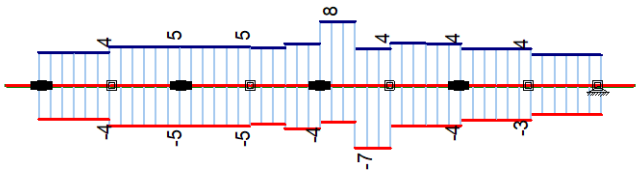


Рам: K_1
Утицаји у греди: max M3= 7 / min M3= -9 kNm
Опт. 2: axQlak za LM71 i SW/0

Опт. 2: axQlak za LM71 i SW/0



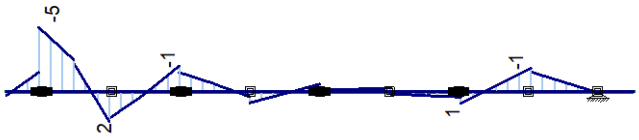
Рам: K_1
Утицаји у греди: max T2= 32 / min T2= -29 kN



Рам: K_1
Утицаји у греди: max M1= 8 / min M1= -7 kNm

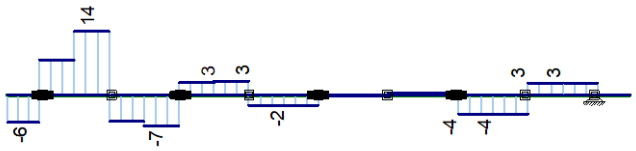
6.2.7 Корисно оптерећење на ревизионим стазама q_{fk}

Опт. 4: qfk

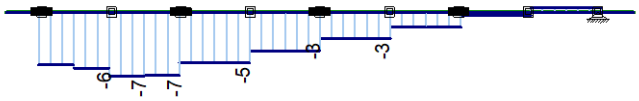


Рам: K_1
Утицаји у греди: max M3= 2 / min M3= -5 kNm
Опт. 4: qfk

Опт. 4: qfk



Рам: K_1
Утицаји у греди: max T2= 14 / min T2= -7 kN

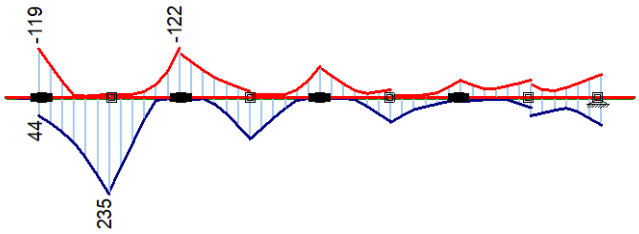


Рам: K_1
Утицаји у греди: max M1= 0 / min M1= -7 kNm

6.2.8 Утицај исклизнућа железничких возила на мосту Q_{Ad}

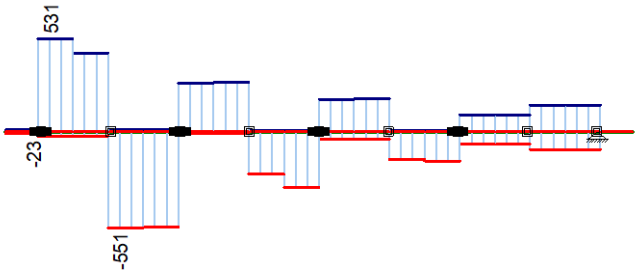
Лева и десна конструкција / Left and right structure

Опт. 7: [Анв] 1-6



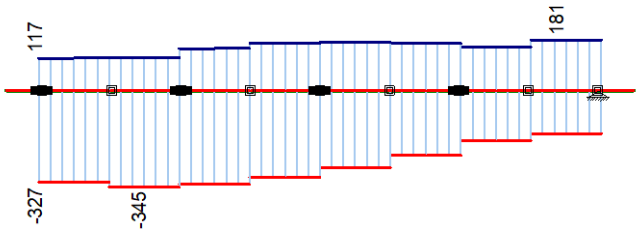
Утицаји у греди: max M3= 235 / min M3= -122 kNm

Опт. 7: [Анв] 1-6



Утицаји у греди: max T2= 531 / min T2= -551 kN

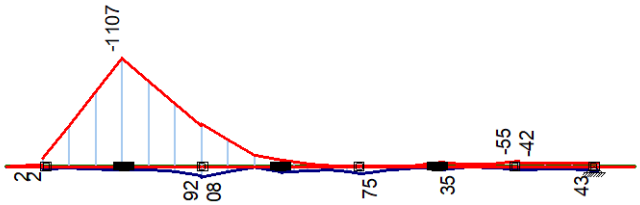
Опт. 7: [Анв] 1-6



Утицаји у греди: max M1= 181 / min M1= -345 kNm

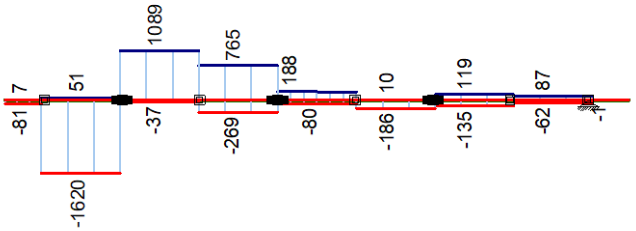
Средња конструкција / Mid structure

Опт. 7: [Anv. QAd] 1-6



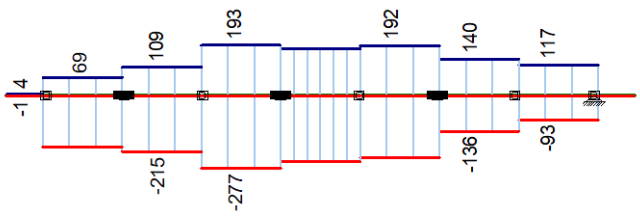
Утицаји у греди: max M3= 108 / min M3= -1107 kNm

Опт. 7: [Anv. QAd] 1-6



Утицаји у греди: max T2= 1089 / min T2= -1620 kN

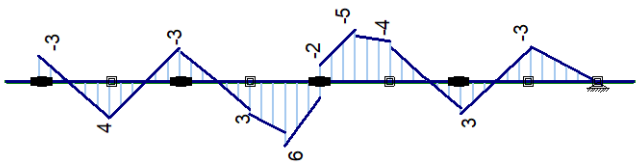
Опт. 7: [Anv. QAd] 1-6



Утицаји у греди: max M1= 193 / min M1= -277 kNm

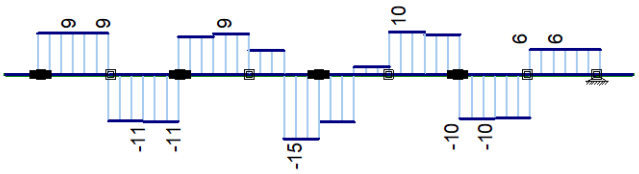
6.2.9 Оптерећење ветром $F_{w,train}$

Опт. 5: Fw,train



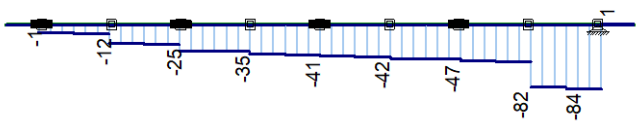
Рам: K_1
Утицаји у греди: max M3= 6 / min M3= -5 kNm

Опт. 5: Fw,train



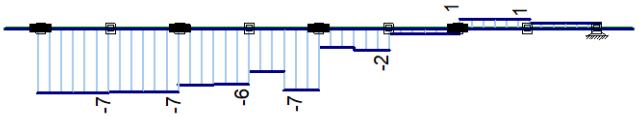
Рам: K_1
Утицаји у греди: max T2= 10 / min T2= -15 kN

Опт. 5: Fw,train



Рам: K_1
Утицаји у греди: max N1= 1 / min N1= -84 kN

Опт. 5: Fw,train

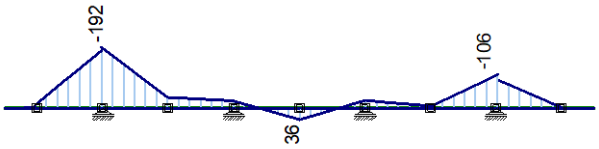


Рам: K_1
Утицаји у греди: max M1= 1 / min M1= -7 kNm

6.2.10 Конструкција на привременим ослонцима приликом замене лежишта / Construction on temporary supports due to bearing replacing

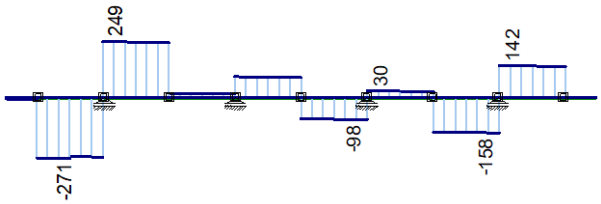
Лева и десна конструкција / Left and right structure

Опт. 1: Gk1 sopstvena tezina



Утицаји у греди: max M3= 36 / min M3= -192 kNm

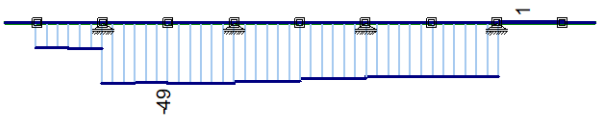
Опт. 1: Gk1 sopstvena tezina



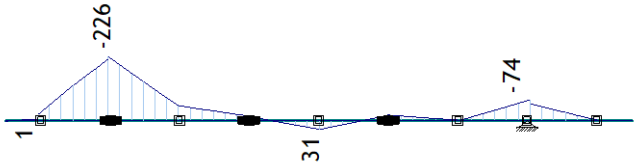
Утицаји у греди: max T2= 249 / min T2= -271 kN

Opt. 2: Gk2 stalnii teret +30% balast

Опт. 1: Gk1 sopstvena tezina

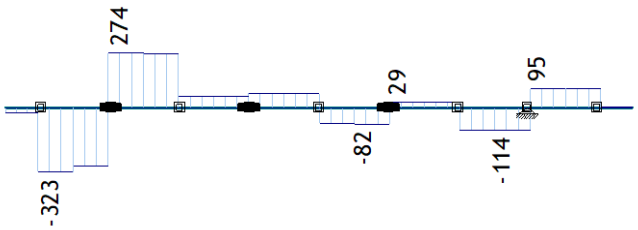


Утицаји у греди: max M1= 1 / min M1= -49 kNm



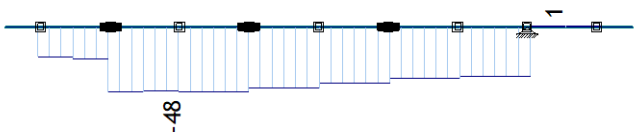
Uticaji u gredi: max M3= 31 / min M3= -226 kNm

Opt. 2: Gk2 stalnii teret +30% balast



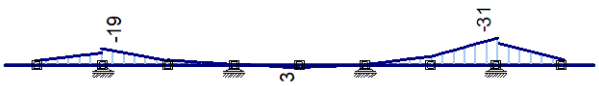
Uticaji u gredi: max T2= 274 / min T2= -323 kN

Opt. 2: Gk2 stalnii teret +30% balast



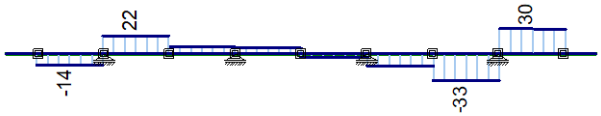
Uticaji u gredi: max M1= 1 / min M1= -48 kNm

Опт. 3: izdizanje oslonaca 1cm C2



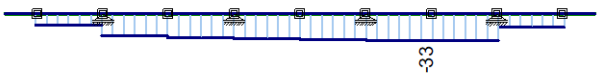
Утицаји у греди: max M3= 3 / min M3= -31 kNm

Опт. 3: izdizanje oslonaca 1cm C2



Утицаји у греди: max T2= 30 / min T2= -33 kN

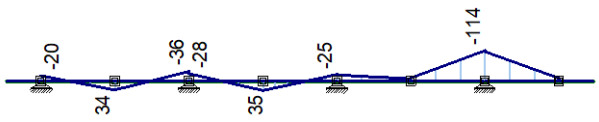
Опт. 3: izdizanje oslonaca 1cm C2



Утицаји у греди: max M1= -0 / min M1= -33 kNm

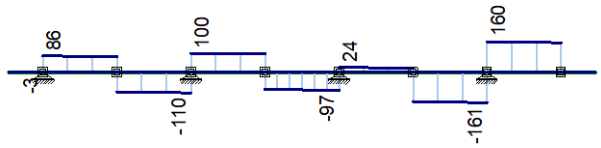
Средња конструкција / Mid structure

Опт. 1: Gk1 sopstvena tezina



Утицаји у греди: max M3= 35 / min M3= -114 kNm

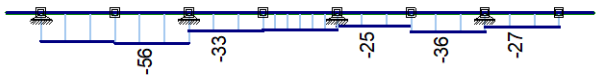
Опт. 1: Gk1 sopstvena tezina



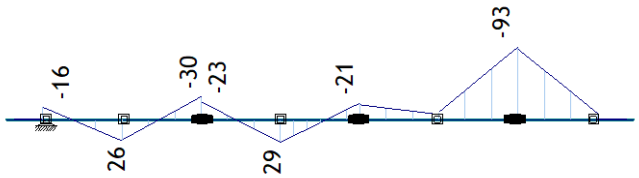
Утицаји у греди: max T2= 160 / min T2= -161 kN

Opt. 1: Gk2 stalnii teret+30% balasta

Опт. 1: Gk1 sopstvena tezina

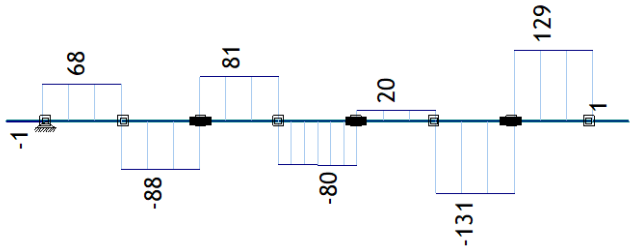


Утицаји у греди: max M1= -0 / min M1= -56 kNm

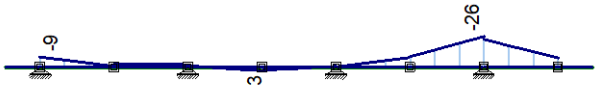


Uticaji u gredi: max M3= 29 / min M3= -93 kNm

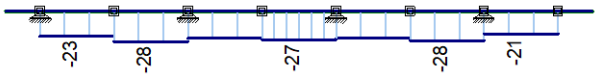
Opt. 1: Gk2 stalnii teret+30% balasta



Uticaji u gredi: max T2= 129 / min T2= -131 kN
Опт. 3: izdizanje oslonaca 1cm C2

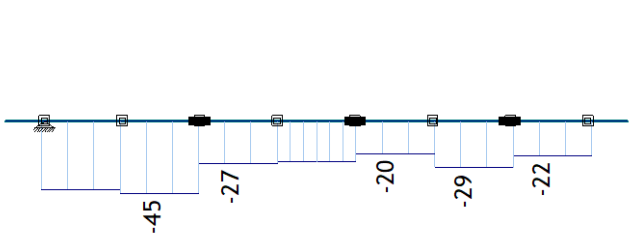


Утицаји у греди: max M3= 3 / min M3= -26 kNm
Опт. 3: izdizanje oslonaca 1cm C2

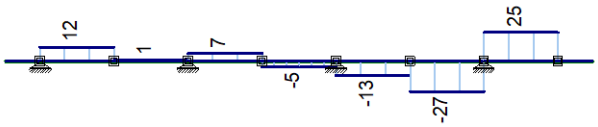


Утицаји у греди: max M1= -0 / min M1= -28 kNm

Opt. 1: Gk2 stalnii teret+30% balasta



Uticaji u gredi: max M1= 0 / min M1= -45 kNm
Опт. 3: izdizanje oslonaca 1cm C2



Утицаји у греди: max T2= 25 / min T2= -27 kN

6.3 ГРАНИЧНО СТАЊЕ НОСИВОСТИ / ULTIMATE LIMIT STATES

Меродавни утицаји за контролу граничне носивости и контролу граничних стања употребљивости.

Десна и лева конс.	**Ослоначки** - ослонац				**Ослоначки** - поље				**Ослоначки** - одизање		
	N1	extr M3	extr T2	extr M1	N1	M3	extr T2	extr M1	T2	M1	M3
сл. оптерећ.	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNм]	[kNm]
G_{k1}		-46	123	-34		85	-116	-25	152	-22	176
$m_{t,konzola}$		-4	4	-1		-2	-1	-1			
G_{k2}		-62	110	-22		55	-70	-19	129	-28	139
$\alpha \cdot Q_{v1}$		-58	231	-6		205	-254	-5			
$\alpha \cdot Ф3 \cdot Q_{v1}$	0	-116	462	-12	0	410	-508	-10			
$\alpha \cdot Q_{sk}$	114				114						
$\alpha \cdot Q_{lak(lbk)}$		-3	25	-3		35	-25	-3			
q_{fk}		-10	7	-4		-2	2	-4			
F_w	22	-4	7	-3	19	4	-7	-5			
Q_{Ad}		-279	507	-165		350	-301	-178			
одизање лежишта 1cm									12	6	19
ком. оптерећ.	N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	T_{Ed}	N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	T_{Ed}	V_{Ed}	T_{Ed}	M_{Ed}
	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNм]	[kNm]
1.1.2	***190***	***-340***	***1042***	***-107***	***187***	***834***	***-1031***	***-90***	397	-59	454
1.3.1	0	-391	744	-222	0	488	-488	-223			
2.1.3	132	-242	735	-77	***129***	***585***	-724	-65	293	-44	334
2.3.1	0	-112	237	-57	0	138	-187	-45			

Десна и лева конс.	**Средњи** - ослонац				**Средњи** - поље				**Средњи** - одизање		
	N1	extr M3	extr T2	extr M1	N1	M3	extr T2	extr M1	T2	M1	M3
сл. оптерећ.	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNм]	[kNm]
G_{k1}		-37	124	-25		41	124	-25	-271	-49	-192
$m_{t,konzola}$		-1	1			0	1				
G_{k2}		-31	112	-61		39	112	-61	-323	-48	-226
$\alpha \cdot Q_{v1}$		-53	167	-65		69	167	-65			
$\alpha \cdot Ф3 \cdot Q_{v1}$	0	-106	334	-130	0	138	334	-130			
$\alpha \cdot Q_{sk}$	118				118						
$\alpha \cdot Q_{lak(lbk)}$		-4	32	-8		9	32	-8			
q_{fk}		-5	14	-7		1	14	-7			
F_w	84	-3	11	-7	84	5	11	-7			
Q_{Ad}		-119	531	-345		235	531	-345			
одизање лежишта 1cm									-14	-33	-19
ком. оптерећ.	N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	T_{Ed}	N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	T_{Ed}	V_{Ed}	T_{Ed}	M_{Ed}
	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNм]	[kNm]
1.1.2	**266**	**-262**	**880**	**-332**	**266**	**328**	**880**	**-332**	-823	***-180***	***-593***
1.3.1	0	-188	768	-431	0	315	768	-431			
2.1.3	185	-185	622	-235	185	232	622	-235	-608	***-130***	***-437***
2.3.1	0	-69	237	-86	0	80	237	-86			

Средња конст.	**Ослоначки** - ослонац				**Ослоначки** - поље				**Ослоначки** - одизање		
	N1	extr M3	extr T2	extr M1	N1	M3	extr T2	extr M1	T2	M1	M3
сл. оптерећ.	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNм]	[kNm]
G_{k1}		-32	101	-12		63	-109	-15	140	-12	152
G_{k2}		-28	82	-5		45	-78	-5	111	-9	124
$\alpha \cdot Q_{v1}$		-65	222	-17		138	-206	-17			
$\alpha \cdot Ф3 \cdot Q_{v1}$	0	-130	444	-34	0	276	-412	-34			
$\alpha \cdot Q_{sk}$	114				114						
$\alpha \cdot Q_{lak(lbk)}$		-3	25	-3		35	-25	-3			
F_w	22	-4	7	-3	19	4	-7	-5			
Q_{Ad}		-474	507	-265		225	-226	-265			
одизање лежишта 1cm									9	3	13
ком. оптерећ.	N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	T_{Ed}	N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	T_{Ed}	V_{Ed}	T_{Ed}	M_{Ed}
	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNм]	[kNm]
1.1.2	***190***	-278	***935***	***-80***	***187***	***601***	***-894***	***-86***	352	-24	392
1.3.1	***0***	***-534***	***690***	***-282***	0	333	-413	-285			
2.1.3	132	-196	658	-56	129	422	-630	-61	260	-18	289
2.3.1	0	-60	183	-17	0	108	-187	-20			

Средња конст.	**Средњи** - ослонац				**Средњи** - поље				**Средњи** - одизање		
	N1	extr M3	extr T2	extr M1	N1	M3	extr T2	extr M1	T2	M1	M3
сл. оптерећ.	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNм]	[kNm]
G_{k1}		-112	185	17		41	185	7	-161	-36	-114
G_{k2}		-103	140	-40		29	140	-40	-131	-45	-93
$\alpha \cdot Q_{v1}$		-178	266	-74		59	266	-74			
$\alpha \cdot Ф3 \cdot Q_{v1}$	0	-356	532	-148	0	118	532	-148			
$\alpha \cdot Q_{sk}$	118				118						
$\alpha \cdot Q_{lak(lbk)}$		-4	32	-8		9	32	-8			
F_w	84	-3	11	-7	84	5	11	-7			
Q_{Ad}		-1107	1089	-215		108	1089	-277			
одизање лежишта 1cm									-27	-28	-26
ком. оптерећ.	N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	T_{Ed}	N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	T_{Ed}	V_{Ed}	T_{Ed}	M_{Ed}
	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNм]	[kNm]
1.1.2	***266***	***-816***	***1269***	***-265***	***266***	***284***	***1269***	***-279***	-435	-151	-318
1.3.1	0	-1322	1414	-238	0	178	1414	-310			
2.1.3	***185***	***-577***	898	-185	185	201	898	-195	-319	-109	-233
2.3.1	0	-215	325	-23	0	70	325	-33			

Минимална и максимална површина подужне арматуре (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2.1.1):

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \qquad A_{s,max} = 0.04 \cdot A_c$$

Минимална потребна арматура за смицање (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2.2(5))

$$A_{sw,min} = \rho_{sw,min} \cdot s \cdot b_w \cdot \sin\alpha = \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \cdot s \cdot b_w \cdot \sin\alpha = 3 \cdot 10^{-3} \cdot s \cdot b_w \cdot \sin\alpha$$

Ослоначки попречни носач

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{0.32}{50} \cdot 30 \cdot 113 = 5.64 cm^2$$

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot 3390 = 136 cm^2$$

Средњи попречни носач

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{0.32}{50} \cdot 30 \cdot 93 = 4.64 cm^2$$

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot 2790 = 112 cm^2$$

$$A_{sw} = \frac{0.08 \cdot \sqrt{3.5}}{50} \cdot s \cdot 30 \cdot 1 = 0.09 \cdot s \qquad A_{sw} = \frac{0.08 \cdot \sqrt{3.5}}{50} \cdot s \cdot 60 \cdot 1 = 0.18 \cdot s$$

6.3.1 Носивост пресека на савијање / Design resistance for bending

Потребна површина подужне арматуре за пријем утицаја торзије може се одредити из израза (СРПС ЕН 1992-1-1, 6.3.2(3)):

The required cross-sectional area of the longitudinal reinforcement for torsion ΣAsl may be calculated from expression (SRPS EN 1992-1-1, 6.3.2 (3)):

$\sum A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2A_k \cdot f_{yd}} \cdot \cot\theta$ Ову арматуру треба распоредити по обиму пресека

Додатна сила затезања у подужној арматури, ΔF_{td} услед смичуће силе V_{Ed}, може се одредити из израза (СРПС ЕН 1992-1-1, 6.2.3(7)):

The additional tensile force, in the longitudinal reinforcement due to shear may be calculated from:

$\Delta F_{td} = 0.5 V_{Ed} (\cot\theta - \cot\alpha)$

6.3.1.1 Крајњи ослоначки попречни носачи – лева и десна конструкција / End cross girders – lefr and right structure

Арматура у горњој зони / Reinforcement in the upper zone

I фаза / I Phase

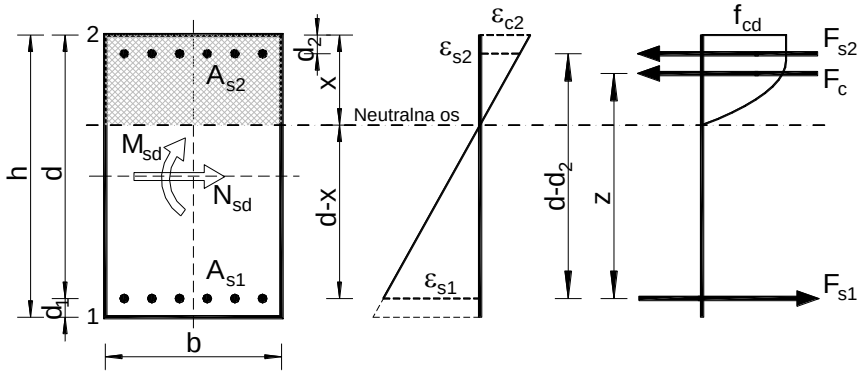
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=1.35(-46-4)=-68kNm T_{Ed}=1.35(-34-1)=-47kNm

b	60,00	cm	
h	40,00	cm	
d_1 (d_2)	6,00	cm	
d	34,00	cm	
f_{cd}	1,98	kN/cm^2	
f_{yd}	43,48	kN/cm^2	
M_{sd}	68,00	kNm	
N_{sd}	0,00	kN	
ε_{s1}	10,00	‰	
ε_{c2}	1,34	‰	
M_{sds}	68,00	kNm	
$M_{Rd,lim}$	218,57	kNm	
μ_{sd}	0,050		
Jednostruko armiranje			
ω	5,226	%	
ρ	0,235	%	
ξ	0,118		x 4,02 cm
ζ	0,958		
A_{s1}	4,80	cm^2	
A_{s2}	0,00	cm^2	

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



$$\sum A_{sl} = \frac{47 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (30+50)}{2 \cdot 30 \cdot 50 \cdot 43.48} \cdot 1 = 5.77 cm^2$$

Усв. 3Ø20($9.42 cm^2$) распоређено по обиму пресека

*Усваја се арматура **5Ø20** (A=$15.7 cm^2$)*

II фаза / II Phase

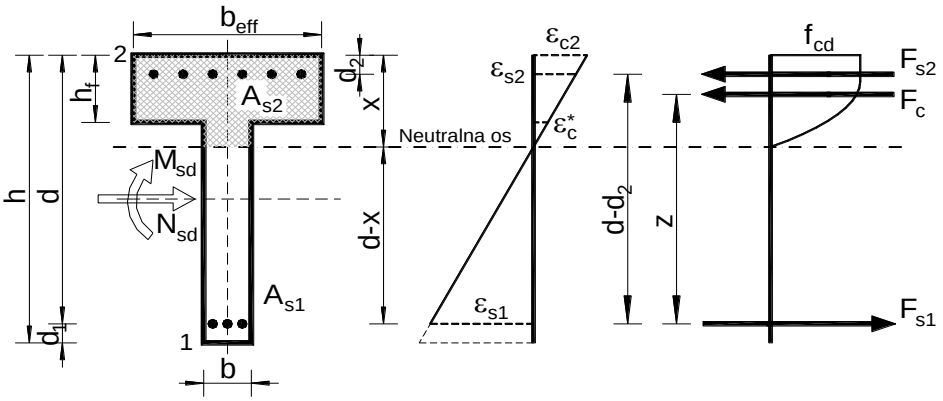
Меродавни утицаји:

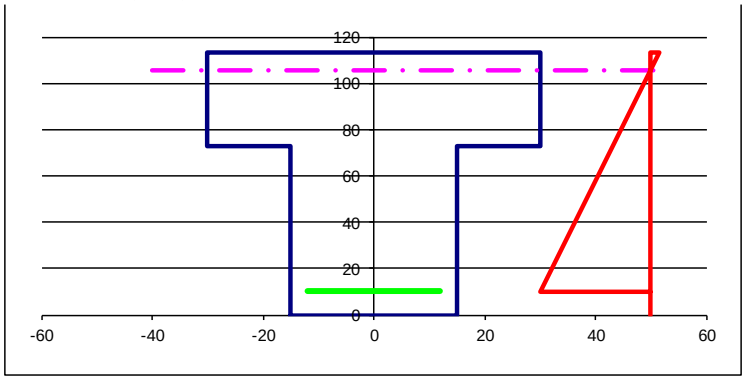
M_{Ed}=-340kNm N_{Ed}=190kN V_{Ed}=1042kN T_{Ed}=107kNm

b	30,00	cm
b_{eff}	60,00	cm
h	113,00	cm
h_f	40,00	cm
d_1 (d_2)	10,00	cm
d	103,00	cm
f_{cd}	1,98	kN/cm^2
f_{yd}	43,48	kN/cm^2
M_{sd}	340,00	kNm
N_{sd}	-190,00	kN
ε_{s1}	10,00	‰
ε_{c2}	0,77	‰
M_{sds}	251,65	kNm
$M_{Rd,lim}$	2005,93	kNm
μ_{sd}	0,020	
b_i	60,00	cm
Jednostruko armiranje		
ω	2,019	%
ρ	0,164	%
ξ	0,071	
x	7,33	cm
ζ	0,975	
A_{s1}	10,13	cm^2
A_{s2}	0,00	cm^2

Dimenzioniranje T presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu (Ctrl+Shift+T)

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak





$$\sum A_{sl} = \frac{107 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (20 + 103)}{2 \cdot 20 \cdot 103 \cdot 43.48} \cdot 1 = 14.69 cm^2$$

Усв. 6Ø20($18.84 cm^2$) распоређено обострано по висини пресека

$\Delta A_s = F_{td} / f_{yd} = 0.5 \cdot 1042 \cdot 1 / 43.48 = 11.99 cm^2$

Подужна арматура у горњој зони:

*Усваја се арматура **8Ø20** (A=25.12cm^2)*

Арматура у доњој зони / Reinforcement in the bottom zone

I фаза / I Phase

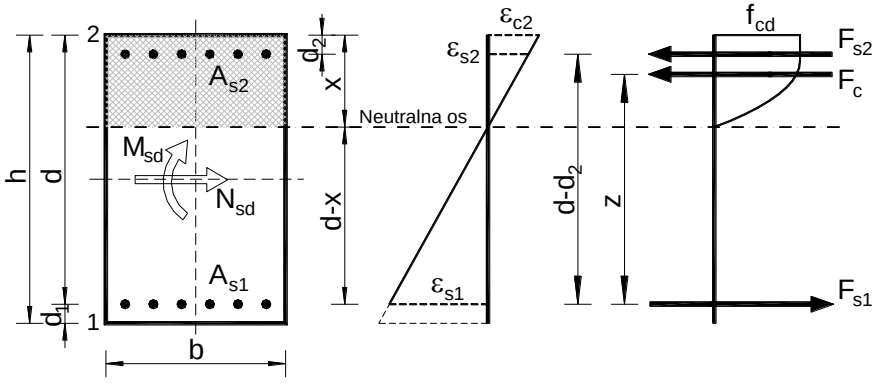
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=1.35(85-2)=112kNm

b	60,00	cm
h	40,00	cm
d_1 (d_2)	6,00	cm
d	34,00	cm
f_{cd}	1,98	kN/cm^2
f_{yd}	43,48	kN/cm^2
M_{sd}	112,00	kNm
N_{sd}	0,00	kN
ε_{s1}	10,00	‰
ε_{c2}	1,89	‰
M_{sds}	112,00	kNm
$M_{Rd,lim}$	218,57	kNm
μ_{sd}	0,082	
Jednostruko armiranje		
ω	8,725	%
ρ	0,395	%
ξ	0,159	
ζ	0,941	
A_{s1}	8,05	cm^2
A_{s2}	0,00	cm^2

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



x 5,40 cm

Сила затезања која се јавља у арматури смештеној у доњој зони услед утицаја из I фазе:

$N^{I}_{Ed,s}=M^{I}_{Ed}/z=112\cdot100/(40-6-0.5\cdot5.40)=358$kN

Напон затезања који се услед ове силе затезања јавња у шипкама арматуре смештеним у доњу зону, остаје непромењен и у II фази. Моменат савијања услед G_{k1} који делује на пресек из II фазе:

$M^{II}_{Gk1}=358\cdot101.81/100=365$kNm

II фаза / II Phase

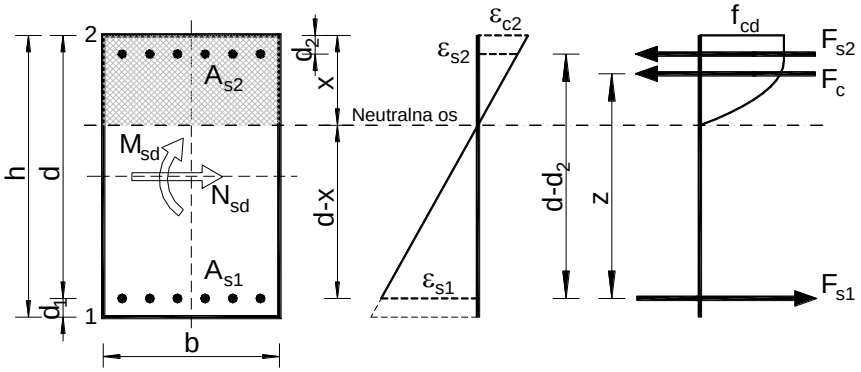
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=365+1.35·55+1.45·(410+35)+1.5·(0.8·-2+0.75·4)=1087kNm N_{Ed}=187kN V_{Ed}=1031kN T_{Ed}=90kNm

b	30,00	cm
h	113,00	cm
d_1 (d_2)	6,00	cm
d	107,00	cm
f_{cd}	1,98	kN/cm^2
f_{yd}	43,48	kN/cm^2
M_{sd}	1087,00	kNm
N_{sd}	-187,00	kN
ε_{s1}	10,00	‰
ε_{c2}	3,17	‰
M_{sds}	992,57	kNm
$M_{Rd,lim}$	1082,38	kNm

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



μ_{sd}	0,146				
Jednostruko armiranje					
ω	16,166	%			
ρ	0,871	%			
ξ	0,241		x	25,77	cm
ζ	0,902				
A_{s1}	27,97	cm^2			
A_{s2}	0,00	cm^2			

$$\sum A_{sl} = \frac{90 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (20 + 103)}{2 \cdot 20 \cdot 103 \cdot 43.48} \cdot 1 = 12.36 cm^2$$

Усв. 6Ø20($18.84 cm^2$) распоређено обострано по висини пресека

$\Delta A_s = F_{td} / f_{yd} = 0.5 \cdot 1031 \cdot 1 / 43.48 = 11.86 cm^2$

Подужна арматура у доњој зони:

*Усваја се арматура **8Ø25** ($A=39.28 cm^2$)*

6.3.1.2 Крајњи ослоначки попречни носачи – средња конструкција / End cross girders – mid structure

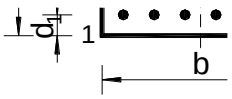
Арматура у горњој зони зони / Reinforcement in the upper zone

I фаза / I Phase

Меродавни утицаји:

M_{Ed}=1.35(-32)=-46kNm T_{Ed}=1.35(-12)=-18kNm

b	60,00	cm						
h	40,00	cm	M_{sds}	46,00	kNm			
d_1 (d_2)	6,00	cm	$M_{Rd,lim}$	218,91	kNm			
d	34,00	cm	μ_{sd}	0,033				
f_{cd}	1,98	kN/cm^2	Jednostruko armiranje					
f_{yd}	43,48	kN/cm^2	ω	3,437	%			
			ρ	0,158	%			
M_{sd}	46,00	kNm	ξ	0,094		x	3,20	cm
N_{sd}	0,00	kN	ζ	0,967				
ε_{s1}	10,00	‰	A_{s1}	3,22	cm^2			
ε_{c2}	1,04	‰	A_{s2}	0,00	cm^2			



$$\sum A_{sl} = \frac{18 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (30 + 50)}{2 \cdot 30 \cdot 50 \cdot 43.48} \cdot 1 = 2.2 cm^2$$

Усв. 3Ø20($9.42 cm^2$) распоређено по обиму пресека

Усваја се арматура **5Ø20** ($A=15.7 cm^2$)

II фаза / II Phase

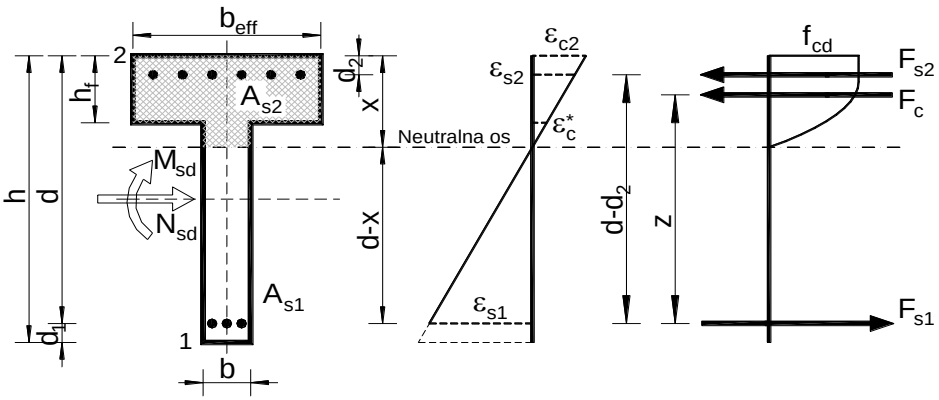
Меродавни утицаји:

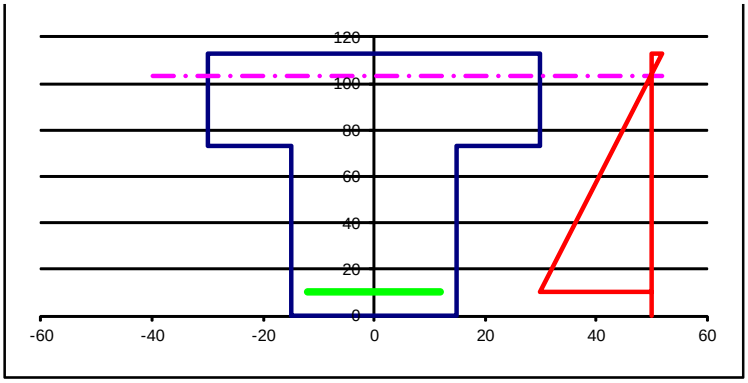
M_{Ed}=-534kNm V_{Ed}=690kN T_{Ed}=282kNm

b	30.00	cm
b_{eff}	60.00	cm
h	113.00	cm
h_f	40.00	cm
d_1 (d_2)	10.00	cm
d	103.00	cm
f_{cd}	2.48	kN/cm^2
f_{yd}	50.00	kN/cm^2
M_{sd}	534.00	kNm
N_{sd}	0.00	kN
ε_{s1}	10.00	‰
ε_{c2}	1.04	‰
M_{sds}	534.00	kNm
$M_{Rd,lim}$	2512.47	kNm
μ_{sd}	0.033	
b_i	60.00	cm
Jednostruko armiranje		
ω	3.437	%
ρ	0.174	%
ξ	0.094	
x	9.69	cm
ζ	0.967	
A_{s1}	10.72	cm^2
A_{s2}	0.00	cm^2

Dimenzioniranje T presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu (Ctrl+Shift+T)

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak





$$\sum A_{sl} = \frac{282 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (20 + 103)}{2 \cdot 20 \cdot 103 \cdot 50} \cdot 1 = 33.91 cm^2$$

Усв. 6Ø20($18.84\,cm^2$) распоређено обострано по висини пресека+2Ø20($6.28\,cm^2$) додато у горњу зону и 3Ø20($9.42\,cm^2$) додато у доњу зону

$\Delta A_s = F_{td} / f_{yd} = 0.5 \cdot 690 \cdot 1 / 50 = 6.99 cm^2$

Подужна арматура у горњој зони:

*Усваја се арматура **8Ø20** (A=25.12cm^2)*

Арматура у доњој зони зони / Reinforcement in the bottom zone

I фаза / I Phase

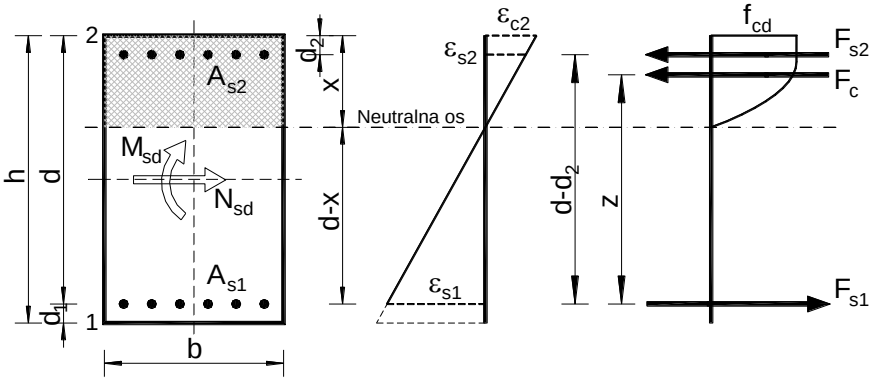
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=1.35(63)=86.4kNm

b	60,00	cm
h	40,00	cm
d_1 (d_2)	6,00	cm
d	34,00	cm
f_{cd}	1,98	kN/cm^2
f_{yd}	43,48	kN/cm^2
M_{sd}	86,40	kNm
N_{sd}	0,00	kN
ε_{s1}	10,00	‰
ε_{c2}	1,56	‰
M_{sds}	86,40	kNm
$M_{Rd,lim}$	218,57	kNm
μ_{sd}	0,063	
Jednostruko armiranje		
ω	6,612	%
ρ	0,301	%
ξ	0,135	
ζ	0,951	
A_{s1}	6,14	cm^2
A_{s2}	0,00	cm^2

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



x 4,58 cm

Сила затезања која се јавља у арматури смештеној у доњој зони услед утицаја из I фазе:

$N^{I}_{Ed,s}=M^{I}_{Ed}/z=86.4\cdot100/(40-6-0.5\cdot4.58)=272kN$

Напон затезања који се услед ове силе затезања јавња у шипкама арматуре смештеним у доњу зону, остаје непромењен и у II фази. Моменат савијања услед G_{k1} који делује на пресек из II фазе:

$M^{II}_{Gk1}=272\cdot101.81/100=267kNm$

II фаза / II Phase

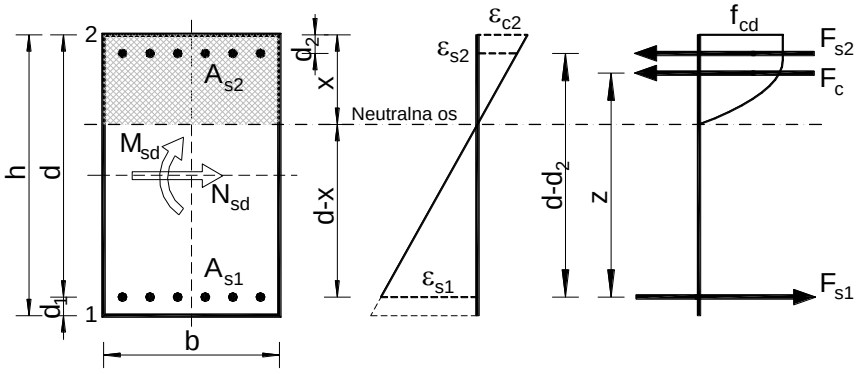
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=267+1.35·78+1.45·(276+35)+1.5·(0.75·4)=818kNm N_{Ed}=187kN V_{Ed}=894kN T_{Ed}=86kNm

b	30.00	cm
h	113.00	cm
d_1 (d_2)	6.00	cm
d	107.00	cm
f_{cd}	1.98	kN/cm^2
f_{yd}	43.48	kN/cm^2
M_{sd}	818.00	kNm
N_{sd}	-187.00	kN
ε_{s1}	10.00	‰
ε_{c2}	2.32	‰
M_{sds}	723.57	kNm
$M_{Rd,lim}$	1082.38	kNm

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



μ_{sd}	0.106				
Jednostruko armiranje					
ω	11.432	%			
ρ	0.656	%			
ξ	0.189		x	20.18	cm
ζ	0.927				
A_{s1}	21.07	cm^2			
A_{s2}	0.00	cm^2			

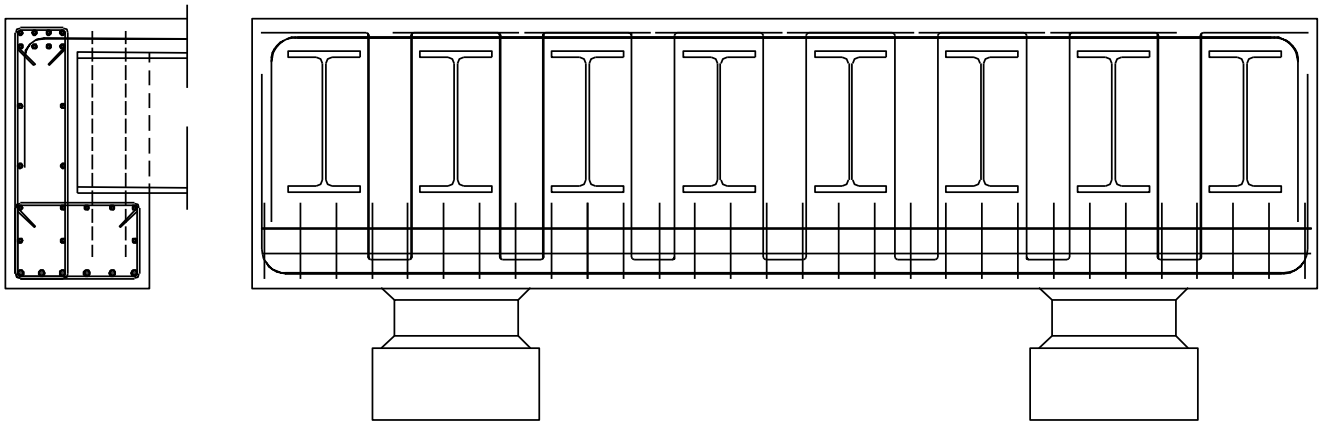
$$\sum A_{sl} = \frac{86 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (20+103)}{2 \cdot 20 \cdot 103 \cdot 43.48} \cdot 1 = 12.23 cm^2$$

Усв. 6Ø20($18.84 cm^2$) распоређено обострано по висини пресека

$\Delta A_s = F_{td} / f_{yd} = 0.5 \cdot 894 \cdot 1 / 43.48 = 10.28 cm^2$

Подужна арматура у доњој зони:

*Усваја се арматура **6Ø25** (A=29.46cm^2)*



6.3.1.3 Средњи попречни носач – лева и десна конструкција / Mid cross girders – left and right structure

Арматура у горњој зони / Reinforcement in the upper zone

I фаза / I Phase

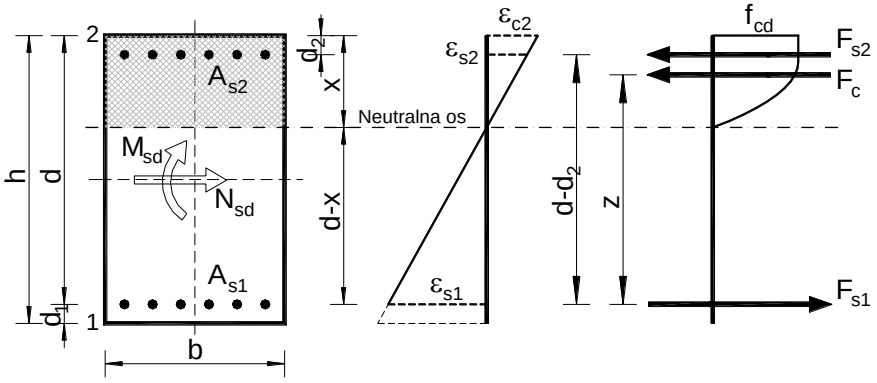
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=1.35(-37-1)=53kNm

b	60,00	cm
h	30,00	cm
d_1 (d_2)	6,00	cm
d	24,00	cm
f_{cd}	1,98	kN/cm^2
f_{yd}	43,48	kN/cm^2
M_{sd}	53,00	kNm
N_{sd}	0,00	kN
ε_{s1}	10,00	‰
ε_{c2}	1,80	‰
M_{sds}	53,00	kNm
$M_{Rd,lim}$	108,91	kNm

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



μ_{sd}	0,077				
Jednostruko armiranje					
ω	8,199	%			
ρ	0,374	%			
ξ	0,153		x	3,67	cm
ζ	0,944				
A_{s1}	5,38	cm^2			
A_{s2}	0,00	cm^2			

*Усваја се арматура **4Ø20** (A=12.56cm²)*

II фаза / II Phase

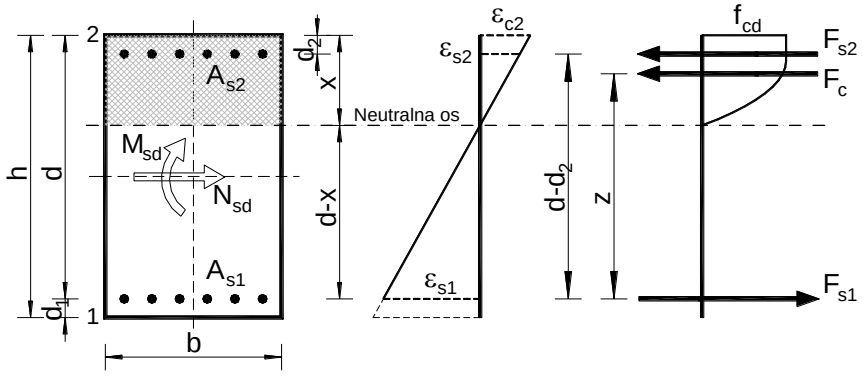
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=-262kNm N_{Ed}=266kN V_{Ed}=880kN T_{Ed}=332kNm

b	60,00	cm	
h	103,00	cm	
d_1 (d_2)	6,00	cm	
d	97,00	cm	
f_{cd}	1,98	kN/cm^2	
f_{yd}	43,48	kN/cm^2	
M_{sd}	262,00	kNm	
N_{sd}	-266,00	kN	
ε_{s1}	10,00	‰	
ε_{c2}	0,60	‰	
M_{sds}	140,97	kNm	
$M_{Rd,lim}$	1781,73	kNm	
μ_{sd}	0,013		
Jednostruko armiranje			
ω	1,305	%	
ρ	0,164	%	
ξ	0,057		x 5,50 cm
ζ	0,981		
A_{s1}	9,53	cm^2	
A_{s2}	0,00	cm^2	

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



$$\sum A_{sl} = \frac{332 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (50+93)}{2 \cdot 50 \cdot 93 \cdot 43.48} \cdot 1 = 23.47 cm^2$$

Усв. 2Ø20(6.28cm²) распоређено обострано по висини пресека доње греде + 4Ø25(19.64cm²) у горњој зони пресека

$$\Delta A_s = F_{td} / f_{yd} = 0.5 \cdot 880 \cdot 1 / 43.48 = 10.12 cm^2$$

Подужна арматура у горњој зони:

*Усваја се арматура **8Ø25** (A=39.28cm²)*

Контрола носача у фази одизања приликом сервисирања и замене лежишта / Lifting phase during servicing and replacement of bearings

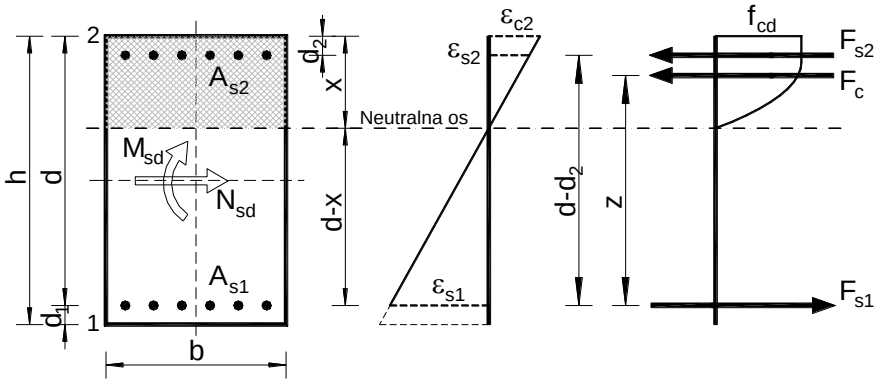
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=-593kNm V_{Ed}=823kN T_{Ed}=180kNm

b	60,00	cm
h	103,00	cm
d_1 (d_2)	6,00	cm
d	97,00	cm
f_{cd}	1,98	kN/cm^2
f_{yd}	43,48	kN/cm^2
M_{sd}	593,00	kNm
N_{sd}	0,00	kN
ε_{s1}	10,00	‰
ε_{c2}	1,39	‰
M_{sds}	593,00	kNm
$M_{Rd,lim}$	1781,73	kNm
μ_{sd}	0,053	
Jednostruko armiranje		
ω	5,568	%
ρ	0,253	%
ξ	0,122	
ζ	0,956	
A_{s1}	14,71	cm^2
A_{s2}	0,00	cm^2

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



x 11,87 cm

$$\sum A_{sl} = \frac{176 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (50+93)}{2 \cdot 50 \cdot 93 \cdot 43.48} \cdot 1 = 12.44 cm^2$$

Усв. 2Ø20(6.28cm^2) распоређено обострано по висини пресека доње греде + 2Ø25(9.82cm^2) у горњој зони пресека

$\Delta A_s = F_{td} / f_{yd} = 0.5 \cdot 823 \cdot 1 / 43.48 = 9.46 cm^2$

Усвојена подужна арматура у горњој зони ***8Ø25*** *(A=39.28cm^2)* има довољну носивост за пријем утицаја приликом интервенција на сервисирању и замени лежишта, када је конструкција ослоњена на привремене ослонце/пресе које кострукцију издигну за 1cm како би се ослободила лежишта.

The adopted longitudinal reinforcement in the upper zone 8Ø25 (A = 39.28cm2) has sufficient bearing capacity.

Арматура у доњој зони / Reinforcement in the bottom zone

I фаза / I Phase

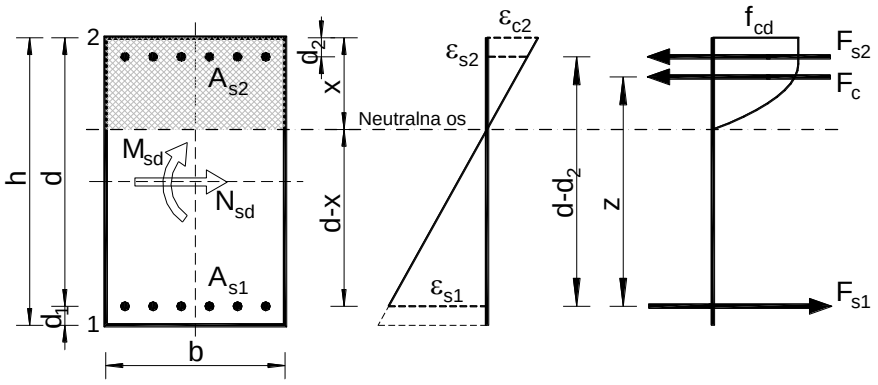
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=1.35(41)=57kNm

b	60,00	cm
h	30,00	cm
d_1 (d_2)	6,00	cm
d	24,00	cm
f_{cd}	1,98	kN/cm^2
f_{yd}	43,48	kN/cm^2
M_{sd}	57,00	kNm
N_{sd}	0,00	kN
ε_{s1}	10,00	‰
ε_{c2}	1,91	‰
M_{sds}	57,00	kNm
$M_{Rd,lim}$	108,91	kNm
μ_{sd}	0,084	
Jednostruko armiranje		
ω	8,900	%
ρ	0,403	%
ξ	0,161	
ζ	0,940	
A_{s1}	5,81	cm^2
A_{s2}	0,00	cm^2

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



x 3,86 cm

Сила затезања која се јавља у арматури смештеној у доњој зони услед утицаја из I фазе:

$N^{I}_{Ed,s}=M^{I}_{Ed}/z=57\cdot100/(40-6-0.5\cdot3.86)=178$kN

Напон затезања који се услед ове силе затезања јавња у шипкама арматуре смештеним у доњу зону, остаје непромењен и у II фази. Моменат савијања услед G_{k1} који делује на пресек из II фазе:

$M^{II}_{Gk1}=178\cdot92/100=164$kNm

II фаза / II Phase

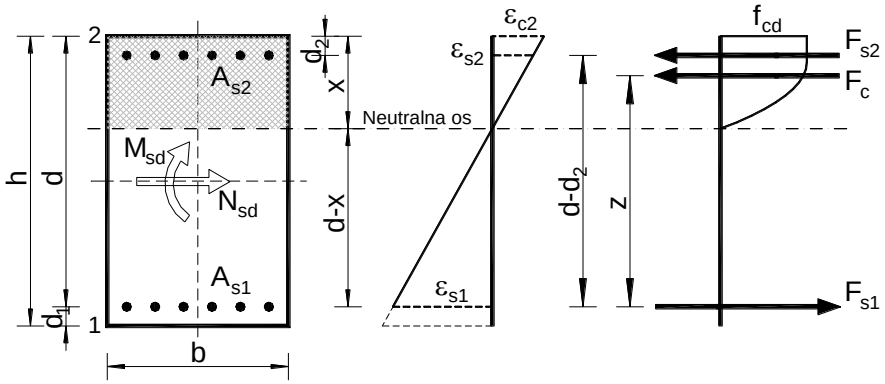
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=164+1.35·31+1.45·(138+9)+1.5·0.75·6=431kNm N_{Ed}=266kN V_{Ed}=880kN T_{Ed}=332kNm

b	60,00	cm
h	103,00	cm
d_1 (d_2)	6,00	cm
d	97,00	cm
f_{cd}	1,98	kN/cm^2
f_{yd}	43,48	kN/cm^2
M_{sd}	431,00	kNm
N_{sd}	-266,00	kN
ε_{s1}	10,00	‰
ε_{c2}	0,93	‰
M_{sds}	309,97	kNm
$M_{Rd,lim}$	1779,03	kNm
μ_{sd}	0,028	

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



Jednostruko armiranje

ω	2,840	%			
ρ	0,235	%			
ξ	0,085		x	8,25	cm
ζ	0,970				
A_{s1}	13,69	cm^2			
A_{s2}	0,00	cm^2			

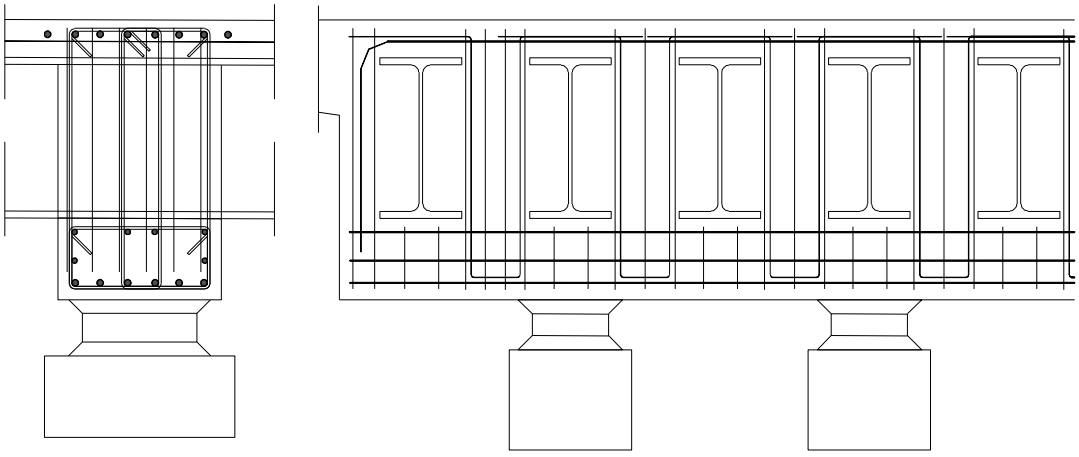
$$\sum A_{sl} = \frac{332 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (50+93)}{2 \cdot 50 \cdot 93 \cdot 43.48} \cdot 1 = 23.47 cm^2$$

Усв. 2Ø20(6.28cm^2) распоређено обострано по висини пресека доње греде + 4Ø25(19.64cm^2) у горњој зони пресека

$\Delta A_s = F_{td} / f_{yd} = 0.5 \cdot 880 \cdot 1 / 43.48 = 10.12 cm^2$

Подужна арматура у доњој зони:

*Усваја се арматура **6Ø25** (A=29.46cm^2)*



6.3.1.4 Средњи попречни носач – средња конструкција / Mid cross girders – mid structure

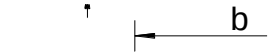
Арматура у горњој зони / Reinforcement in the upper zone

I фаза / I Phase

Меродавни утицаји:

M_{Ed}=1.35(-112)=159.3kNm

b	60,00	cm						
h	30,00	cm						
d_1 (d_2)	6,00	cm						
d	24,00	cm						
f_{cd}	1,98	kN/cm^2	**$M_{Rd,lim}$**	108,91	kNm			
f_{yd}	43,48	kN/cm^2	**μ_{sd}**	0,159				
			Dvostruko armiranje					
M_{sd}	159,30	kNm	**ω**	17,840	%			
N_{sd}	0,00	kN	**ρ**	1,564	%			
			ξ	0,259		x	6,22	cm
ε_{s1}	10,00	‰	**ζ**	0,892				
ε_{c2}	3,50	‰	**A_{s1}**	17,11	cm^2			
M_{sds}	159,30	kNm	**A_{s2}**	5,41	cm^2			



*Усваја се арматура **6Ø20** (A=18.84cm^2)*

II фаза / II Phase

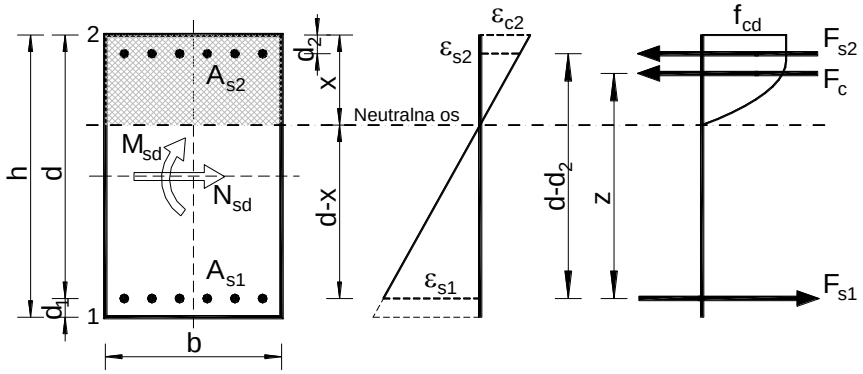
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=-816kNm N_{Ed}=266kN V_{Ed}=1269kN T_{Ed}=265kNm

b	60,00	cm
h	103,00	cm
d_1 (d_2)	6,00	cm
d	97,00	cm
f_{cd}	1,98	kN/cm^2
f_{yd}	43,48	kN/cm^2
M_{sd}	816,00	kNm
N_{sd}	-266,00	kN
ε_{s1}	10,00	‰
ε_{c2}	1,53	‰
M_{sds}	694,97	kNm
$M_{Rd,lim}$	1781,73	kNm
μ_{sd}	0,061	
Jednostruko armiranje		
ω	6,436	%
ρ	0,403	%
ξ	0,133	
ζ	0,952	
A_{s1}	23,43	cm^2
A_{s2}	0,00	cm^2

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



x 12,88 cm

$$\sum A_{sl} = \frac{257 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (50+93)}{2 \cdot 50 \cdot 93 \cdot 43.48} \cdot 1 = 18.73 cm^2$$

Усв. 2Ø25(9.82cm^2) распоређено обострано по висини пресека доње греде + 2Ø25(9.82cm^2) у горњој зони пресека

$\Delta A_s = F_{td} / f_{yd} = 0.5 \cdot 1269 \cdot 1 / 43.48 = 14.59 cm^2$

Подужна арматура у горњој зони:

*Усваја се арматура **10Ø25** (A=49.1cm^2)*

Арматура у доњој зони / Reinforcement in the bottom zone

I фаза / I Phase

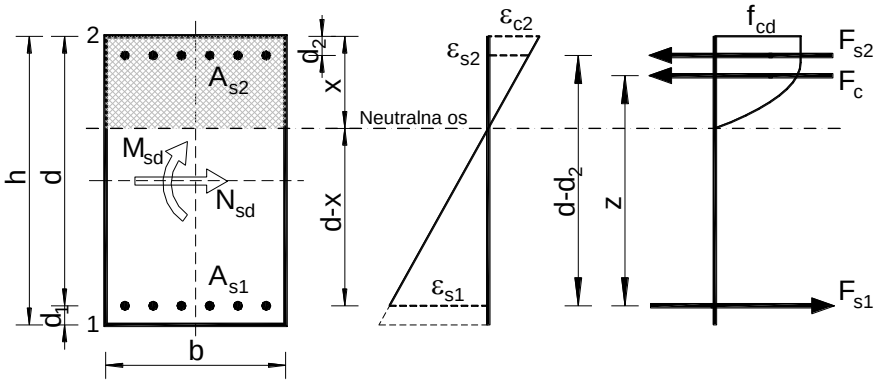
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=1.35(41)=55.4kNm

b	60,00	cm
h	30,00	cm
d_1 (d_2)	6,00	cm
d	24,00	cm
f_{cd}	1,98	kN/cm^2
f_{yd}	43,48	kN/cm^2
M_{sd}	55,40	kNm
N_{sd}	0,00	kN
ε_{s1}	10,00	‰
ε_{c2}	1,86	‰
M_{sds}	55,40	kNm
$M_{Rd,lim}$	108,91	kNm
μ_{sd}	0,081	
Jednostruko armiranje		
ω	8,550	%
ρ	0,391	%
ξ	0,157	
ζ	0,942	
A_{s1}	5,64	cm^2
A_{s2}	0,00	cm^2

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



x 3,76 cm

Сила затезања која се јавља у арматури смештеној у доњој зони услед утицаја из I фазе:

$N^{I}_{Ed,s}=M^{I}_{Ed}/z=55.4\cdot100/(40-6-0.5\cdot3.76)=172.5$kN

Напон затезања који се услед ове силе затезања јавња у шипкама арматуре смештеним у доњу зону, остаје непромењен и у II фази. Моменат савијања услед G_{k1} који делује на пресек из II фазе:

$M^{II}_{Gk1}=172.5\cdot92/100=159$kNm

II фаза / II Phase

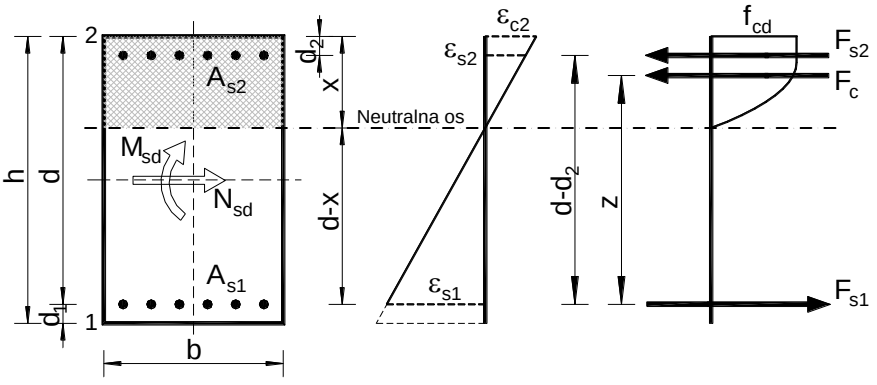
Меродавни утицаји:

$M_{Ed}=159+1.35\cdot29+1.45\cdot(118+9)+1.5\cdot0.75\cdot5=382$kNm $N_{Ed}=266$kN $V_{Ed}=1269$kN $T_{Ed}=279$kNm

b	60,00	cm
h	103,00	cm
d_1 (d_2)	6,00	cm
d	97,00	cm
f_{cd}	1,98	kN/cm^2
f_{yd}	43,48	kN/cm^2
M_{sd}	382,00	kNm
N_{sd}	-266,00	kN
ε_{s1}	10,00	‰
ε_{c2}	0,85	‰
M_{sds}	260,97	kNm
$M_{Rd,lim}$	1781,73	kNm
μ_{sd}	0,024	

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



Jednostruko armiranje

ω	2,417	%			
ρ	0,214	%			
ξ	0,078		x	7,58	cm
ζ	0,973				
A_{s1}	12,48	cm^2			
A_{s2}	0,00	cm^2			

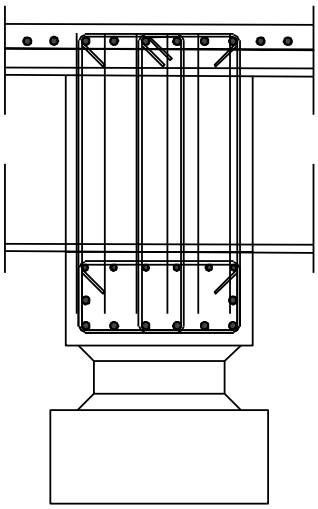
$$\sum A_{sl} = \frac{279 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (50+93)}{2 \cdot 50 \cdot 93 \cdot 43.48} \cdot 1 = 19.23 cm^2$$

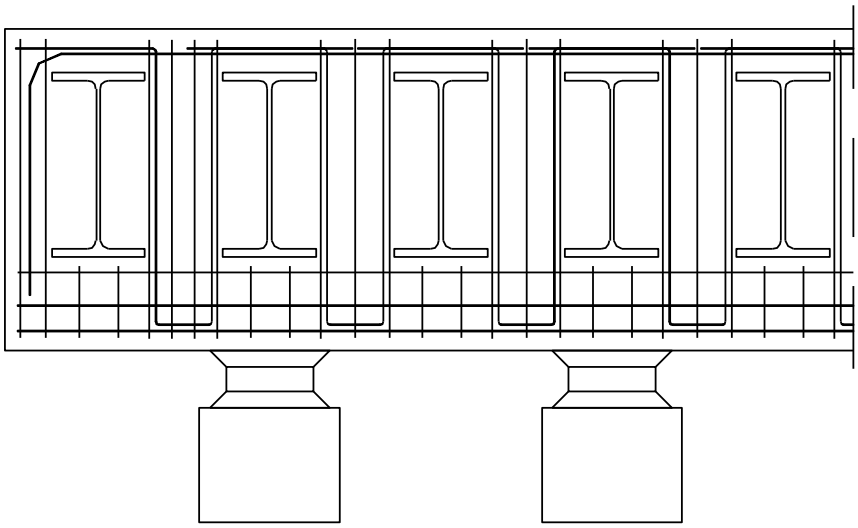
Усв. 2Ø25($9.82 cm^2$) распоређено обострано по висини пресека доње греде + 2Ø25($9.82 cm^2$) у горњој зони пресека

$\Delta A_s = F_{td} / f_{yd} = 0.5 \cdot 1269 \cdot 1 / 43.48 = 14.59 cm^2$

Подужна арматура у доњој зони:

*Усваја се арматура **6Ø25** ($A=29.46 cm^2$)*





6.3.2 Носивост пресека на смицање и торзију / Design resistance for shear and torsion

6.3.2.1 Ослоначки попречни носач – лева и десна конструкција / End sross girders – left and right structure

Меродавни утицаји:

I фаза	II фаза
V_{Ed}=1.35·(123+4)=171kN	N_{Ed}=-190kN V_{Ed}=1042-171=871kN T_{Ed}=107kNm

Контрола пресека на смицање - I фаза / Shear resistance I Phase

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.2)

сталне и пролазне прорачунске ситуације

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}k(100\,\rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\,\sigma_{cp}]\,b_w d$$

$$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$$

C35/45 (МВ 40/45) γ_{Bd1}= 1

γ_c= 1,5

$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c= 0,12

h= 400 mm

a= 60 mm

d= 340 mm

b_w= 600 mm

$k = 1+\sqrt{\frac{200}{d}} \le 2{,}0$ → k= 1,767

A_{sl}= 39,28 cm^2

$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \le 0{,}02$ → ρ_l= 0,0193

f_{ck}= 35 Mpa

k_1= 0,15

V_{Ed}= 171 kN

N_{Ed}= 0 kN

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$= 19,833 Mpa

$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c$= 0,00 Mpa

$\sigma_{cp} < 0.2 f_{cd}$= 3,97 Mpa

→ σ_{cp}< 0,00 Mpa

$V_{Rd,c}$= 207,09 kN

$v_{min} = 0{,}035\,k^{3/2}\cdot f_{ck}^{1/2}$ = 0,4863

$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$ = 116,7 kN

→$V_{Rd,c}$= 207,1 kN

→$V_{Rd,c}/\gamma_{Bd1}$= 207,1 kN

НИЈЕ ПОТРЕБНА ЈЕ ПРОРАЧУНСКА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

$minA_{sw} = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 60 \cdot 1$ =2.70cm^2

*усвајају се узенгије **Ø10/15** (3.14cm^2)*

Контрола пресека на смицање - II фаза / Shear resistance II Phase

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.2)

стални и пролазне прорачунске ситуације

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}k(100\,\rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\,\sigma_{cp}]\,b_w d$$

$$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$$

C35/45 (MB 40/45)

γ_{Bd1}= 1

γ_c= 1,5

$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c= 0,12

h= 1130 mm

a= 60 mm

d= 1070 mm

b_w= 600 mm

$k = 1+\sqrt{\frac{200}{d}} \le 2{,}0$ → k= 1,432

A_{sl}= 39,28 cm^2

$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \le 0{,}02$ → ρ_l= 0,0061

f_{ck}= 35 Mpa

k_1= 0,15

V_{Ed}= 871 kN

N_{Ed}= -190 kN

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$ = 19,833 Mpa

$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c$ = -0,28 Mpa

$\sigma_{cp} < 0.2 f_{cd}$ = 3,97 Mpa

→ σ_{cp}< -0,28 Mpa

$V_{Rd,c}$= 295,11 kN

$v_{min} = 0{,}035\,k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ = 0,355

$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$ = 212,2 kN

→$V_{Rd,c}$= 295,1 kN

→$V_{Rd,c}/\gamma_{Bd1}$= 295,1 kN

ПОТРЕБНА ЈЕ ПРОРАЧУНСКА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

усвајају се узенгије ***Ø10/15***

ПРОРАЧУН НОСИВОСТИ АРМАТУРЕ ЗА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.3)

α= 90

θ= 45

ctgθ= 1.000 $1 \le ctg\,\theta \le 2{,}5$

$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z\, f_{ywd}\, ctg\theta$

$V_{Rd,max} = \alpha_{cw}\, b_w\, z\, \nu_1\, f_{cd}/(c$

A_{sw}= 3.14 cm^2

s= 15 cm

ν_1=ν= 0.516

B500B

γ_s= 1.15

f_{ywd}= 434.783 MPa

$V_{Rd,s}$= 701.176 kN

α_{cw}=	1	$\rightarrow V_{Rd,s}$=	701.2 kN
$V_{rd,max}$=	2956.6	$\rightarrow V_{Rd,s}/\gamma_{Bd1}$=	701.2 kN

ПОТРЕБНА ЈЕ ДОДАТНА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

Део силе који се не може прихватити узенгијама Ø10/15 прихватају вертикалне вешаљке смештене између челичних носача.

$$A_{sw,pot}=\frac{(V_{Ed}-V_{Rd,s})\cdot s_w}{z\cdot f_{ywd}\cdot(\cot\theta+\cot\alpha)\cdot\sin\alpha}=\frac{(871-701)\cdot 23}{0.9\cdot 107\cdot 0.8\cdot 43.48\cdot(1+0)\cdot 1}=1.09cm^2$$

усвајају се две шипке ***Ø12/23****(2.26cm²)*

Максимална ефективна арматура за смицање мора задовољити услов:

$$\frac{A_s\cdot f_{yw}}{b_w\cdot s}+\frac{A_{s,w}\cdot f_{yw}}{b_w\cdot s_w}\le\frac{0.5\cdot\alpha_{cw}\cdot\nu_1\cdot f_{cd}}{\sin\alpha}$$

$$\frac{3.14\cdot 0.8\cdot 43.48}{30\cdot 15}+\frac{2.26\cdot 0.8\cdot 43.48}{30\cdot 23}=0.357<\frac{0.5\cdot 1\cdot 0.516\cdot 1.98}{\sin 90}=0.51$$ - услов задовољен

Торзиони моменат прихватају узенгије Ø10/15 смештене у доњу греду попречног носача.

$$T_{Rd}=\frac{A_s\cdot 2\cdot A_k\cdot f_{yd}}{s\cdot tg\theta}=\frac{3.14\cdot 2\cdot 30\cdot 50\cdot 43.48}{15\cdot 1\cdot 100}=273cmkNm>T_{Ed}=107kNm$$

$$T_{Rd,\max}=2\cdot\nu\cdot\alpha_{cw}\cdot f_{cd}\cdot A_k\cdot t_{ef}\cdot\sin\theta\cdot\cos\theta=2\cdot 0.6\cdot 1\cdot 1.98\cdot 103\cdot 50\cdot 5\cdot 0.707^2/100=306kNm$$

Пресек изложен смичућим силама и моментима торзије мора задовољити услов:

The resistance of a member subjected to torsion and shear:

$T_{Ed}/T_{Rd,\max}+V_{Ed}/V_{Rd,\max}=107/306+1042/2957=0.7<1$ - услов задовољен / resistance is satisfied

Контрола смицања на контакту старог и новог бетона:

Control of shear at the interface between concrete cast at different times:

$$\nu_{Ed}=871/(101\cdot 60)=0.143kN/cm^2<\nu_{Rdi}=0.2\cdot 0.146+\frac{3.14+4.52}{18\cdot 60}\cdot 43.48\cdot(0.6\cdot 1+0)=0.214kN/cm^2$$

6.3.2.2 Ослоначки попречни носач – средња конструкција / End sross girders – mid structure

Меродавни утицаји:

I фаза V_{Ed}=1.35·(101)=136kN	II фаза N_{Ed}=190kN V_{Ed}=935-136=799kN T_{Ed}=80kNm

Како су статички утицаји мало нижих вредности од оних који се јављају код леве и десне конструкције, усвојиће се иста арматура за пријем смичућих сила и момената торзије као и код ослоначких носача леве и десне конструкције.

As the internal forces are slightly lower than those in the mid cross girder of a left and right structure, the same shear reinforcement will be adopted.

6.3.2.3 Средњи попречни носач – лева и десна конструкција / Mid cross girders – left and right structure

Меродавни утицаји:

I фаза	II фаза
V_{Ed}=1.35·(124+1)=170kN	N_{Ed}=266kN V_{Ed}=880-170=710kN T_{Ed}=332kNm

Контрола пресека на смицање - I фаза / Shear resistance I Phase

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.2)

сталне и пролазне прорачунске ситуације

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}k(100\,\rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\,\sigma_{cp}]\,b_w d$$

$$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$$

C35/45 (MB 40/45) γ_{Bd1}= 1

γ_c=	1,5		
$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c=	0,12		
h=	300	mm	
a=	60	mm	
d=	240	mm	
b_w=	600	mm	
k= $1+\sqrt{\frac{200}{d}} \le 2{,}0$			→ k= 1,913
A_{sl}=	18,84	cm^2	
$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \le 0{,}02$			→ ρ_l= 0,0131
f_{ck}=	35	Mpa	
k_1=	0,15		
V_{Ed}=	170	kN	
N_{Ed}=	0	kN	
f_{cd}= $\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$=	19,833	Mpa	
σ_{cp}= N_{ed}/A_c=	0,00	Mpa	→ σ_{cp}< 0,00 Mpa
σ_{cp}< $0.2f_{cd}$=	3,97	Mpa	
$V_{Rd,c}$=	147,82	kN	

$v_{min} = 0{,}035\,k^{3/2}\cdot f_{ck}^{1/2}$ = 0,5478 → $V_{Rd,c}$= 147,8 kN

$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$ = 98,6 kN → $V_{Rd,c}/\gamma_{Bd1}$= 147,8 kN

ПОТРЕБНА ЈЕ ПРОРАЧУНСКА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

$minA_{sw} = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 12.5 \cdot 60 \cdot 1$ =2.25cm^2

*усвајају се узенгије **Ø10/12.5** (3.14cm^2)*

ПРОРАЧУН НОСИВОСТИ АРМАТУРЕ ЗА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.3)

α=	90	
θ=	45	
ctgθ=	1,000	$1 \le ctg\,\theta \le 2,5$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} ctg\theta$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} / (ctg\,\theta + tg\,\theta)$$

A_{sw}=	3,14	cm^2
s=	12,5	cm
ν_1=ν=	0,516	
B500B		
γ_s=	1,15	
f_{ywd}=	434,783	MPa
$V_{Rd,s}$=	188,728	kN

α_{cw}=	1	→$V_{Rd,s}$=	188,7 kN
$V_{rd,max}$=	663,163	→$V_{Rd,s}/\gamma_{Bd1}$=	188,7 kN

АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ ЈЕ ДОВОЉНА ЗА ПРИХВАТАЊЕ СИЛЕ

Контрола пресека на смицање - II фаза / Shear resistance II Phase

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.2)

сталне и пролазне прорачунске ситуације

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100\,\rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\,\sigma_{cp}]\,b_w d$$

$$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$$

C35/45 (МВ 40/45) γ_{Bd1}= 1

γ_c=	1,5		
$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c=	0,12		
h=	1030	mm	
a=	60	mm	
d=	970	mm	
b_w=	600	mm	
k= $1+\sqrt{\frac{200}{d}} \le 2,0$		→ k=	1,454
A_{sl}=	29,46	cm^2	
ρ_l= $\frac{A_{sl}}{b_w d} \le 0,02$		→ ρ_l=	0,0051
f_{ck}=	35	Mpa	
k_1=	0,15		
V_{Ed}=	710	kN	
N_{Ed}=	-266	kN	

$f_{cd}= \alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c =$ 19,833 Mpa
$\sigma_{cp}= N_{ed}/A_c =$ -0,43 Mpa
$\sigma_{cp}< 0.2 f_{cd} =$ 3,97 Mpa

→ $\sigma_{cp}<$ -0,43 Mpa

$V_{Rd,c}=$ 241,21 kN

$v_{min} = 0{,}035\, k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$ 0,3631

$\min V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1\, \sigma_{cp})\, b_w d =$ 184,5 kN

→$V_{Rd,c}=$ 241,2 kN
→$V_{Rd,c}/\gamma_{Bd1}=$ 241,2 kN

ПОТРЕБНА ЈЕ ПРОРАЧУНСКА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

усвајају се четворосечне узенгије ***Ø10/12.5*** *(6.28cm²)*

ПРОРАЧУН НОСИВОСТИ АРМАТУРЕ ЗА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.3)

α= 90
θ= 45
ctgθ= 1,000 $1 \le \mathrm{ctg}\,\theta \le 2{,}5$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd}\, ctg\theta$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw}\, b_w\, z\, \nu_1\, f_{cd} / (\mathrm{ctg}\,\theta + \mathrm{tg}\,\theta)$$

$A_{sw}=$ 6,28 cm^2
s= 12,5 cm
$\nu_1=\nu=$ 0,516
B500B
$\gamma_s=$ 1,15
$f_{ywd}=$ 434,783 MPa
$V_{Rd,s}=$ 1525,55 kN

$\alpha_{cw}=$ 1
$V_{rd,max}=$ 2680,28

→$V_{Rd,s}=$ 1525,5 kN
→$V_{Rd,s}/\gamma_{Bd1}=$ 1525,5 kN

АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ ЈЕ ДОВОЉНА ЗА ПРИХВАТАЊЕ СИЛЕ

Максимална ефективна арматура за смицање мора задовољити услов:

$$\frac{A_s \cdot f_{yw}}{b_w \cdot s} = \frac{6.28 \cdot 0.8 \cdot 43.48}{60 \cdot 12.5} = 0.145 \le \frac{0.5 \cdot \alpha_{cw} \cdot \nu_1 \cdot f_{cd}}{\sin\alpha} = \frac{0.5 \cdot 1 \cdot 0.516 \cdot 1.98}{\sin 90} = 0.51$$ - услов задовољен

Потребна површина узенгија за пријем утицаја торзије може се одредити из израза:

$$A_{sw} = \frac{T_{Ed}}{2A_k \cdot f_{yd}} \cdot s \cdot tg\theta = \frac{332 \cdot 100}{2 \cdot 93 \cdot 50 \cdot 43.48} \cdot 25 \cdot 1 = 2.10 cm^2$$

усвојене четворосечне узенгије ***Ø10/12.5*** *(6.28cm²)*

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot \nu \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef} \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta = 2 \cdot 0.6 \cdot 1 \cdot 2.48 \cdot 93 \cdot 50 \cdot 5 \cdot 0.707^2 / 100 = 484 kNm$$

Пресек изложен смичућим силама и моментима торзије мора задовољити услов:

The resistance of a member subjected to torsion and shear:

$T_{Ed}/T_{Rd,max} + V_{Ed}/V_{Rd,max} = 332/484 + 880/2680 = 1.01 \sim 1$ - услов задовољен / resistance is satisfied

Контрола смицања на контакту старог и новог бетона:

Control of shear at the interface between concrete cast at different times:

$$\nu_{Ed} = 710/(101 \cdot 60) = 0.116 kN/cm^2 < \nu_{Rdi} = 0.2 \cdot 0.146 + \frac{6.28}{25 \cdot 60} \cdot 43.48 \cdot (0.6 \cdot 1 + 0) = 0.138 kN/cm^2$$

6.3.2.4 Средњи попречни носач – средња конструкција / Mid cross girders – left and right structure

Меродавни утицаји:

I фаза	II фаза
V_{Ed}=1.35·(185)=250kN	N_{Ed}=266kN V_{Ed}=1269-250=1019kN T_{Ed}=265kNm

Контрола пресека на смицање - I фаза / Shear resistance I Phase

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.2)

сталне и пролазне прорачунске ситуације

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}k(100\,\rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\,\sigma_{cp}]\,b_w d$$

$$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$$

C35/45 (MB 40/45) γ_{Bd1}= 1

γ_c=	1,5		
$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c=	0,12		
h=	300	mm	
a=	60	mm	
d=	240	mm	
b_w=	600	mm	
k= $1+\sqrt{\frac{200}{d}} \le 2{,}0$			→ k= 1,913
A_{sl}=	18,84	cm^2	
$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \le 0{,}02$			→ ρ_l= 0,0131
f_{ck}=	35	Mpa	
k_1=	0,15		
V_{Ed}=	250	kN	
N_{Ed}=	0	kN	

f_{cd}= $\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$=	19,833	Mpa	
σ_{cp}= N_{ed}/A_c=	0,00	Mpa	→ σ_{cp}< 0,00 Mpa
σ_{cp}< $0.2f_{cd}$=	3,97	Mpa	
$V_{Rd,c}$=	147,82	kN	

$v_{min} = 0{,}035\,k^{3/2}\cdot f_{ck}^{1/2}$ = 0,5478 → $V_{Rd,c}$= 147,8 kN

$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$ = 98,6 kN → $V_{Rd,c}/\gamma_{Bd1}$= 147,8 kN

ПОТРЕБНА ЈЕ ПРОРАЧУНСКА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

$minA_{sw} = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 12.5 \cdot 60 \cdot 1$ =2.25cm^2

усвајају се четворосечне узенгије ***Ø10/12.5*** *(3.14cm^2)*

ПРОРАЧУН НОСИВОСТИ АРМАТУРЕ ЗА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.3)

α= 90
θ= 45
ctgθ= 1.000 $1 \le \mathrm{ctg}\,\theta \le 2{,}5$

$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} ctg\theta$

$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} / (c$

A_{sw}= 6.28 cm^2
s= 12.5 cm
$\nu_1 = \nu$= 0.516

B500B

γ_s= 1.15
f_{ywd}= 434.783 MPa
$V_{Rd,s}$= 377.455 kN

α_{cw}= 1 → $V_{Rd,s}$= 377.5 kN
$V_{rd,max}$= 663.163 → $V_{Rd,s}/\gamma_{Bd1}$= 377.5 kN

АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ ЈЕ ДОВОЉНА ЗА ПРИХВАТАЊЕ СИЛЕ

Контрола пресека на смицање - II фаза / Shear resistance II Phase

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.2)

сталне и пролазне прорачунске ситуације

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100\,\rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\,\sigma_{cp}]\,b_w d$$

$$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$$

C35/45 (MB 40/45) γ_{Bd1}= 1

γ_c= 1,5
$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c= 0,12
h= 1030 mm
a= 60 mm
d= 970 mm
b_w= 600 mm

k= $1+\sqrt{\frac{200}{d}} \le 2{,}0$ → k= 1,454

A_{sl}= 29,46 cm^2

$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \le 0{,}02$ → ρ_l= 0,0051

f_{ck}= 35 Mpa
k_1= 0,15
V_{Ed}= 1019 kN
N_{Ed}= -266 kN

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$= 19,833 Mpa
$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c$= -0,43 Mpa
$\sigma_{cp} < 0.2 f_{cd}$= 3,97 Mpa

→ σ_{cp}< -0,43 Mpa

$V_{Rd,c}$= 241,21 kN

$v_{min} = 0{,}035\, k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ = 0,3631 → $V_{Rd,c}$= 241,2 kN

min $V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\, \sigma_{cp})\, b_w d$ = 184,5 kN → $V_{Rd,c}/\gamma_{Bd1}$= 241,2 kN

ПОТРЕБНА ЈЕ ПРОРАЧУНСКА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

*усвајају се четворосечне узенгије **Ø10/25** (6.28cm²)*

ПРОРАЧУН НОСИВОСТИ АРМАТУРЕ ЗА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.3)

α= 90

θ= 45

ctgθ= 1.000 $1 \le \mathrm{ctg}\,\theta \le 2{,}5$

$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd}\, ctg\theta$

$V_{Rd,max} = \alpha_{cw}\, b_w\, z\, \nu_1\, f_{cd} / (c$

A_{sw}= 6.28 cm²

s= 12.5 cm

$\nu_1 = \nu$= 0.516

B500B

γ_s= 1.15

f_{ywd}= 434.783 MPa

$V_{Rd,s}$= 1525.55 kN

α_{cw}= 1 → $V_{Rd,s}$= 1525.5 kN

$V_{rd,max}$= 2680.28 → $V_{Rd,s}/\gamma_{Bd1}$= 1525.5 kN

АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ ЈЕ ДОВОЉНА ЗА ПРИХВАТАЊЕ СИЛЕ

Максимална ефективна арматура за смицање мора задовољити услов:

$$\frac{A_s \cdot f_{yw}}{b_w \cdot s} + \frac{A_{s,w} \cdot f_{yw}}{b_w \cdot s_w} = \frac{6.28 \cdot 0.8 \cdot 43.48}{60 \cdot 12.5} = 0.291 \le \frac{0.5 \cdot \alpha_{cw} \cdot \nu_1 \cdot f_{cd}}{\sin\alpha} = \frac{0.5 \cdot 1 \cdot 0.516 \cdot 1.98}{\sin 90} = 0.51$$ - услов задовољен

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot \nu \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef} \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta = 2 \cdot 0.6 \cdot 1 \cdot 2.48 \cdot 93 \cdot 50 \cdot 5 \cdot 0.707^2 / 100 = 484 kNm$$

Пресек изложен смичућим силама и моментима торзије мора задовољити услов:

The resistance of a member subjected to torsion and shear:

$T_{Ed}/T_{Rd,max} + V_{Ed}/V_{Rd,max} = 265/484 + 1269/2680 = 1.02 \sim 1$ - услов задовољен / resistance is satisfied

Контрола смицања на контакту старог и новог бетона:

Control of shear at the interface between concrete cast at different times:

Између челичних носача постављају се вертикалне вешаљке ***Ø12/23****(2.26cm²)*

$$A_{sw,pot} = \frac{(V_{Ed} - V_{Rd,s}) \cdot s_w}{z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha} = \frac{(857 - 701) \cdot 23}{0.9 \cdot 107 \cdot 0.8 \cdot 43.48 \cdot (1 + 0) \cdot 1} = 1.07 cm^2$$

*усвајају се две шипке **Ø12/23**(2.26cm²)*

$$\nu_{Ed} = 994/(101 \cdot 60) = 0.164 kN/cm^2 < \nu_{Rdi} = 0.2 \cdot 0.146 + \frac{6.28 + 4.52}{25 \cdot 60} \cdot 43.48 \cdot (0.6 \cdot 1 + 0) = 0.17 kN/cm^2$$

6.4 ГРАНИЧНО СТАЊЕ УПОТРЕБЉИВОСТИ / SERVICEABILITY LIMIT STATE

Меродавни утицаји за контролу напона и прслина приказане су у предходном поглављу.

Internal forces for serviceability limit state control are shown in Chapter 6.3.

6.4.1 Контрола напона / Stress control

Услед карактеристичне комбинације оптерећења напон притиска треба ограничити на вредност $k_1 f_{ck}=0.6 f_{ck}=0.6 \cdot 35=21$Mpa, док напон затезања у арматури не треба да буде већи од $k_3 f_{yk}=0.8 f_{yk}=0.8 \cdot 500=400$Mpa (СРПС ЕН 1992-1-1, СРПС ЕН 1992-1-1/НА, 7.2 (2) и (5)).

Due to the characteristic load combination, the compressive stress in concrete is limited to $k_1 f_{ck}=0.6 f_{ck}=0.6 \cdot 35=21$Mpa, while the tensile stress in the reinforcement should not be higher than $k_3 f_{yk}=0.8 f_{yk}=0.8 \cdot 500=400$Mpa (SRPS EN 1992-1-1, SRPS EN 1992-1-1 / NA, 7.2 (2) and (5)).

6.4.1.1 Ослоначки попречни носач / End cross girder

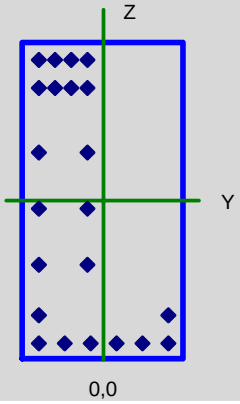
Materials:

f_{ck} =	35	MPa	E_{cm} =	34.1	GPa
f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200	GPa
γ_c =	1,5				
γ_s =	1,15				
a_{CC} =	0,85				

Section Properties:

Height = 1130 mm Width = 600 mm

Concrete section			Transformed section		
A_C =	678000	mm²	A_T =	725424.4	mm²
I_C =	7.2E+10	mm⁴	I_T =	8.14E+10	mm⁴
Y_{bC} =	565	mm	Y_{bT} =	565	mm



Reinforcing bars:

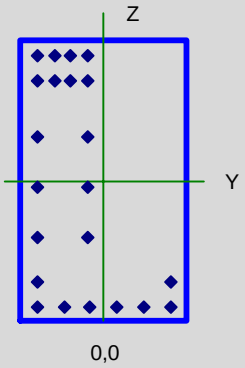
No.bars = 22 (< 300)
Σ(As) = 9740 mm²
ΣAs/Ac = 0.01437
Concrete cover = 60 mm
Spiral/Stirrup dia. = 10 mm

Reinforcing Bar No.	Area A_s mm²	Coordinates, mm Y (from ctr.)	Z (from bot.)
1	491	-240.00	60.00
2	491	-144.00	60.00
3	491	-48.00	60.00
4	491	48.00	60.00
5	491	144.00	60.00
6	491	240.00	60.00
7	491	-240.00	160.00
8	491	240.00	160.00
9	314	-240.00	340.00
10	314	-240.00	540.00
11	314	-240.00	740.00
12	314	-60.00	340.00
13	314	-60.00	540.00
14	314	-60.00	740.00
15	491	-240.00	1070.00
16	491	-180.00	1070.00
17	491	-120.00	1070.00
18	491	-60.00	1070.00
19	491	-60.00	970.00
20	491	-120.00	970.00
21	491	-180.00	970.00
22	491	-240.00	970.00

SLS Loads	P =	-129	kN	(+ for compression)	
	M =	585	kNm	(+ for tension on the bottom)	Calculate stresses
Materials					
	f_{yk} =	500	MPa	E_s = 200000	MPa
	f_{ck} =	35	MPa		Solved
	f_{cm} =	43	MPa	E_{cm} = 34077	MPa
	$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	3,21	MPa		
	Creep factor, Ct =	0,7			
	Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	20045	MPa	E_s/E_{ctm}= 9,98	

Results of SLS analysis

Neutral axis from compression edge, x =	279,6	mm
Maximum concrete stress, fc.max =	5,64	MPa
Maximum steel stress, fs.max =	159,1	MPa
at y_{st} =	1070	mm
Number of bars in tension =	14	
Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	897,5	mm
Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0,0003	
Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	1E-06	mm^{-1}



Crack width calculations

Limiting crack with $W_{k,max}$ =	0,3	mm		
bar diameter, d_b =	25	mm		
Clear cover, c =	46	mm		
Bar spacing S =	60	mm	≤ 5(clr+db/2) = 292,5 mm	OK

Bond coefficient	k_1 =	0,8	(0.8 for deformed bars and 1.6 for plain bars)
Strain distribution coefficient	k_2 =	0,5	(0.5 for bending, 1.0 for pure tension)
	k_3 =	3,4	(country specific, recommended 3.4, 1.0 used in earlier code)
	k_4 =	0,425	(country specific, recommended 0.425 , 0.25 used in earlier code)
Load duration coefficient	k_t =	0,4	(0.6 for short term and 0.4 for long term loading)

Total section height, H =	1130,0	mm	
$h = \min(H, y_{st}+db/2+c)$ =	1128,5	mm	Section height adjusted for concrete cover
$h_{c,ef} = \min[2.5(h-d), (h-x)/3]$ =	283,0	mm	
$A_{c,eff}$ ($h_{c,ef}$) =	169777	mm^2	
A_{st} =	5812	mm^2	
$r_{p,eff} = A_{st}/A_{c,eff}$ =	0,0342		

Max. crack spacing $S_{r,max}=k_3c+k_1k_2k_4d_b/\rho_{p,eff}$ =	280,5	mm		(7.11)
$S_{r,max}$ = 1.3(h-c) =	1409,2	mm	min of = 280,5 mm	(7.14)

e_{sm}, e_{cm} - steel and conc. strains

$\alpha_e = E_s/E_{cm}$ =	5,87		
$e_{sm}-e_{cm} = [f_s-k_tf_{cf,eff}(1+\alpha_e\rho_{p,eff})/\rho_{p,eff}]/E_s$ =	0,00057	(7.9)	
$0.6f_s/E_s$ =	0,00048	max of = $e_{sm}-e_{cm}$ =	0,00057
Crack width $W_k=S_{r,max}(e_{sm}-e_{cm})$ =	**0,16 mm**	(7.8)	

Check maximum crack width	**Wk ≤ Wk,max**	**0,16 mm ≤ 0,3 mm**	**OK**

Услови у погледу ограничења напона и карактеристичне ширине прслина су задовољени.

The stress limitation and the maximum crack width limitation are satisfied.

6.4.1.2 Средњи попречни носач / Mid cross girder

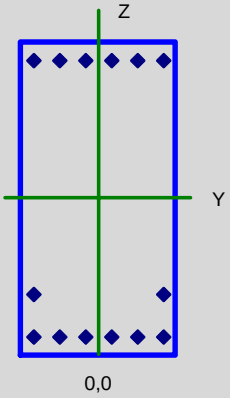
Materials:

f_{ck} =	35	MPa	E_{cm} =	34.1	GPa
f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200	GPa
γ_c =	1,5				
γ_s =	1,15				
a_{CC} =	0,85				

Section Properties:

Height = 1030 mm Width = 600 mm

Concrete section			Transformed section		
A_C =	618000	mm²	A_T =	649746.1	mm²
I_C =	5.5E+10	mm⁴	I_T =	6E+10	mm⁴
Y_{bC} =	515	mm	Y_{bT} =	515	mm



Reinforcing bars:

No.bars = 14 (< 300)
Σ(As) = 6520 mm²
ΣAs/Ac = 0.01055
Concrete cover = 46 mm
Spiral/Stirrup dia. = 10 mm

Reinforcing Bar No.	Area A_s mm²	Coordinates, mm Y (from ctr.)	Z (from bot.)
1	491	-250.00	60.00
2	491	250.00	60.00
3	491	-150.00	60.00
4	491	150.00	60.00
5	491	-50.00	60.00
6	491	50.00	60.00
7	314	-250.00	200.00
8	314	250.00	200.00
9	491	-250.00	970.00
10	491	250.00	970.00
11	491	-150.00	970.00
12	491	150.00	970.00
13	491	-50.00	970.00
14	491	50.00	970.00

SLS Loads

P = -185 kN (+ for compression)
M = -577 kNm (+ for tension on the bottom)

Calculate stresses

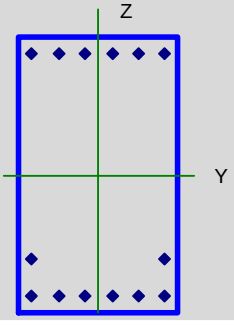
Solved

Materials

f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200000 MPa
f_{ck} =	35	MPa		
f_{cm} =	43	MPa	E_{cm} =	34077 MPa
$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	3,21	MPa		
Creep factor, Ct =	0,7			
Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	20045	MPa	E_s/E_{ctm}=	9,98

Results of SLS analysis

Neutral axis from compression edge, x =	206,8	mm
Maximum concrete stress, fc.max =	6,74	MPa
Maximum steel stress, fs.max =	248,1	MPa
at y_{st} =	970	mm
Number of bars in tension =	6	
Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	970,0	mm
Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0,0003	
Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	1,6E-06	mm⁻¹



Crack width calculations

Crack width calculations

Limiting crack with $W_{k,max}$ =		0,3	mm		
bar diameter, d_b =		25	mm		
Clear cover, c =		46	mm		
Bar spacing S =		100	mm ≤ 5(clr+db/2) =	292,5 mm	OK
Bond coefficient	k_1 =	0,8	(0.8 for deformed bars and 1.6 for plain bars)		
Strain distribution coefficient	k_2 =	0,5	(0.5 for bending, 1.0 for pure tension)		
	k_3 =	3,4	(country specific, recommended 3.4, 1.0 used in earlier code)		
	k_4 =	0,425	(country specific, recommended 0.425 , 0.25 used in earlier code)		
Load duration coefficient	k_t =	0,4	(0.6 for short term and 0.4 for long term loading)		
Total section height, H =		1030,0	mm		
h = min(H,y_{st}+db/2+c) =		1028,5	mm	Section height adjusted for concrete cover	
$h_{c,ef}$ = min[2.5(h-d), (h-x)/3] =		146,3	mm		
$A_{c,eff}$ ($h_{c,ef}$) =		87750	mm²		
A_{st} =		2946	mm²		
$r_{p,eff}$ = $A_{st}/A_{c,eff}$ =		0,0336			
Max. crack spacing $S_{r,max}=k_3c+k_1k_2k_4d_b/\rho_{p,eff}$ =		283,0	mm		(7.11)
$S_{r,max}$ = 1.3(h-c) =		1279,2	mm	min of = 283,0 mm	(7.14)
e_{sm}, e_{cm} - steel and conc. strains					
α_e = E_s/E_{cm} =		5,87			
$e_{sm}-e_{cm}$ = $[f_s-k_tf_{cf,eff}(1+\alpha_e\rho_{p,eff})/\rho_{p,eff}]/E_s$ =		0,00101	(7.9)		
		$0.6f_s/E_s$ =	0,00074	max of = $e_{sm}-e_{cm}$ =	0,001012
Crack width $W_k=S_{r,max}(e_{sm}-e_{cm})$ =		**0,29**	**mm**	(7.8)	
Check maximum crack width	**Wk ≤ Wk,max**	**0,29 mm**	**≤ 0,3 mm**		**OK**

Услови у погледу ограничења напона су задовољени. Карактеристична ширина прслина услед карактеристичне комбинације оптерећења нижа је од максималне дозвољене вредности.

The stress limitations are satisfied.

6.4.2 Контрола прслина / Crack control

За квази сталну комбинацију оптерећења карактеристична ширина прслина w_{max}<0.3mm, напон притиска у бетону треба ограничити на вредност k_2f_{ck}=0.45f_{ck}=15.75Mpa како би ефекти течења остали у домену линеарног (СРПС ЕН 1992-2, табела 7.101N и СРПС ЕН 1992-1-1, 7.2(3)).

For a quasi-permanent load combination, a characteristic crack width is limited to wmax <0.3mm, the compressive stress in concrete should be limited to k2fck = 0.45fck = 15.75Mpa so that the creep effects remain in the linear domain (SRPS EN 1992-2, Table 7.101N and SRPS EN 1992 -1-1, 7.2 (3)).

Како је приказано у предходом поглављу напони притиска у бетону ослоначког попречног носача услед карактеристичне комбинације оптерећења су нижи од 15.75Mpa, па се неће вршити контрола за квазисталну комбинацију. Такође је и карактеристична ширина прслина услед карактеристичне комбинације оптерећења нижа од 0.3mm, па се прорачун неће понављати.

As shown in the previous chapter, the compressive stresses in the concrete of the end cross girder due to the characteristic load combination are lower than 15.75 MPa, so no control will be performed for the quasi-permanent combination. Also, the characteristic crack width is lower than 0.3 mm due to the characteristic load combination, so the calculation will not be repeated.

Услови у погледу ограничења карактеристичне ширине прслина су задовољени.

The maximum crack width limitation is satisfied.

7 КОЛОВОЗНА ПЛОЧА / CONCRETE DECK

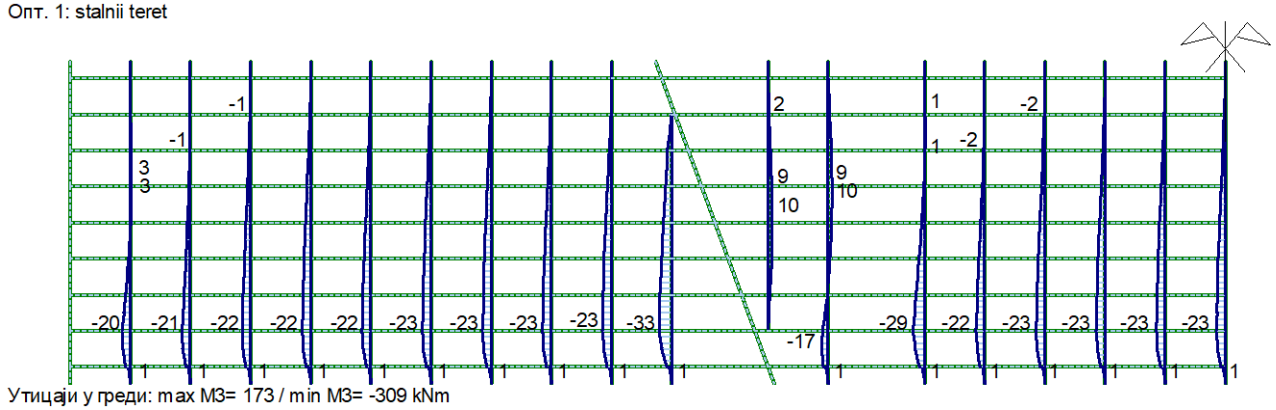
Бетонска плоча између главних подужних носача моделирана је низом фиктивних попречних носача.

7.1 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ У КОЛОВОЗНОЈ ПЛОЧИ / INTERNAL FORCES AND MOMENTS IN TRANSVERSE CONCRETE MEMBERS

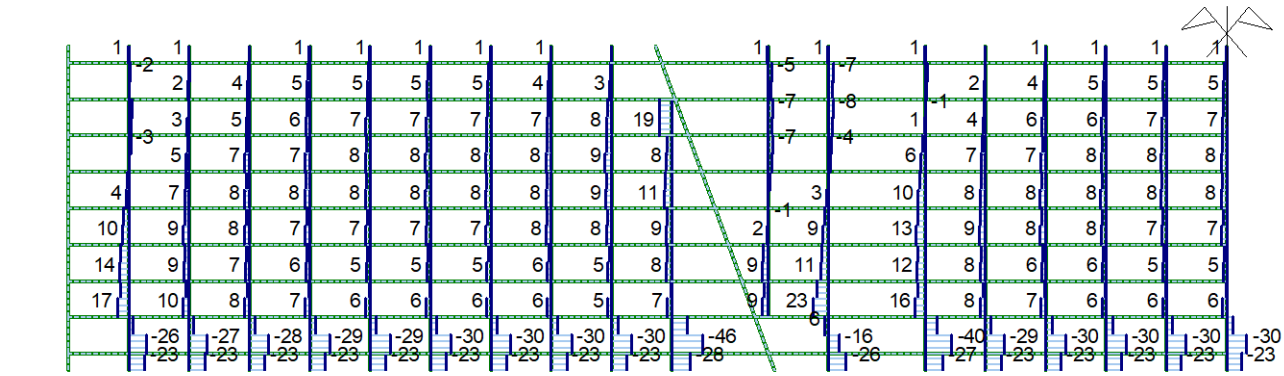
7.1.1 Стални терет $G_{k,2}$

Лева и десна конструкција / Left and right structure

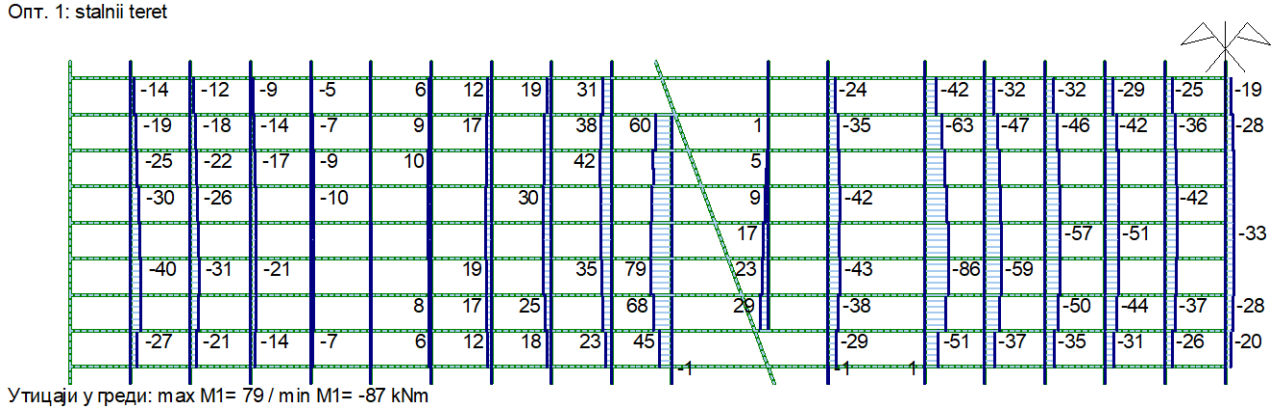
Опт. 1: stalnii teret



Утицаји у греди: max M3= 173 / min M3= -309 kNm
Опт. 1: stalnii teret



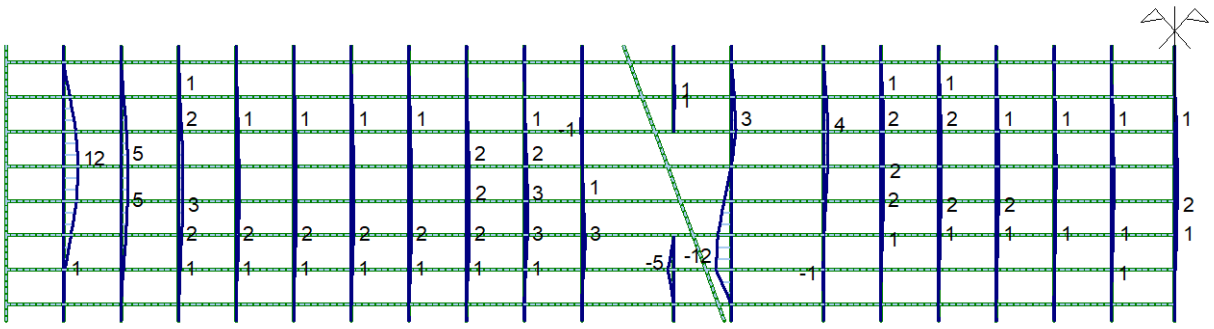
Утицаји у греди: max T2= 146 / min T2= -180 kN
Опт. 1: stalnii teret



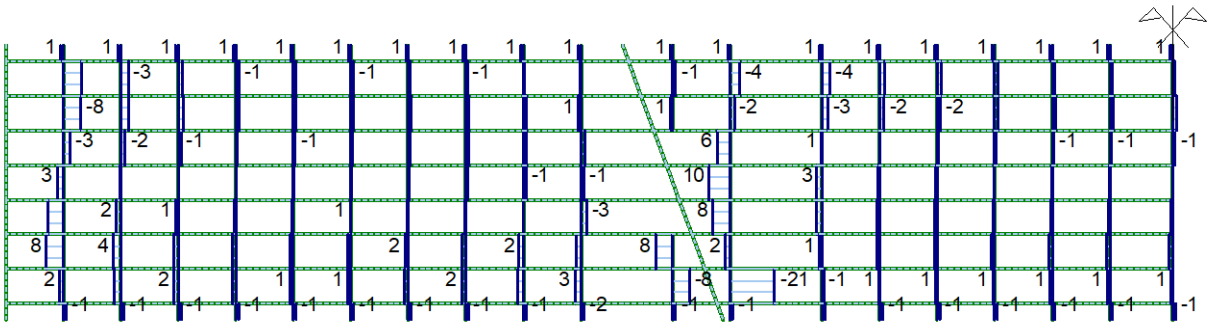
Утицаји у греди: max M1= 79 / min M1= -87 kNm

Средња конструкција / Mid structure

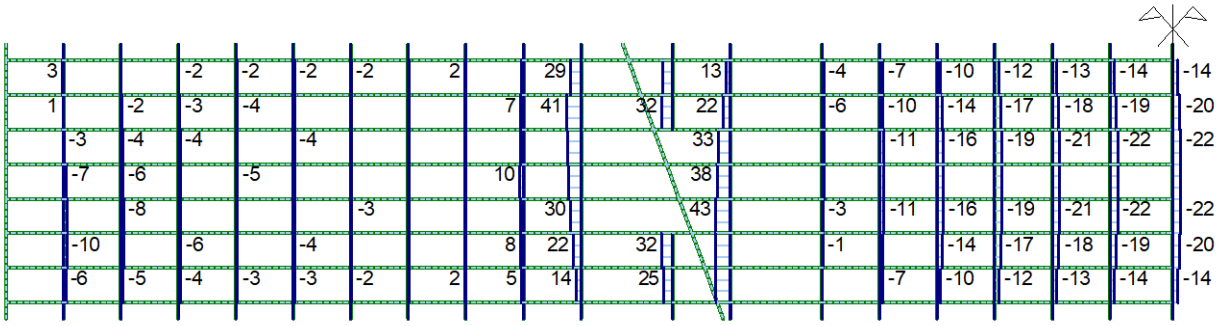
Опт. 1: stalnii teret



Утицаји у греди: max M3= 130 / min M3= -208 kNm
Опт. 1: stalnii teret



Утицаји у греди: max T2= 121 / min T2= -118 kN
Опт. 1: stalnii teret

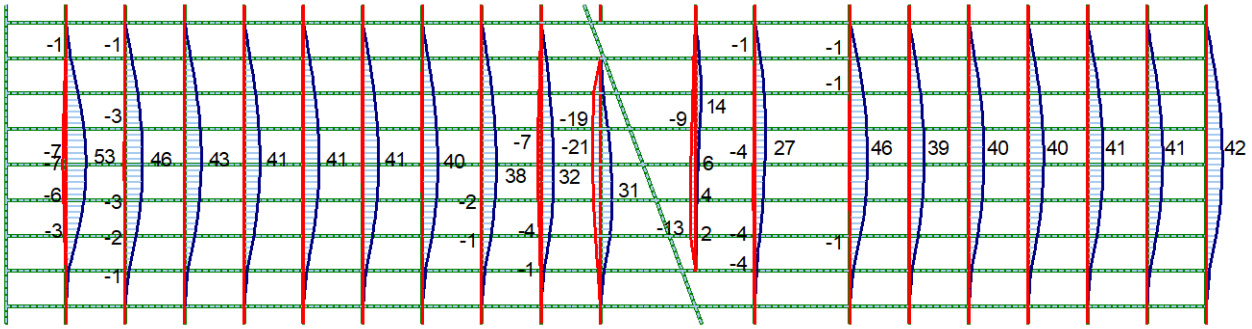


Утицаји у греди: max M1= 43 / min M1= -35 kNm

7.1.2 Саобраћајно оптерећење шеме LM71, SW/0 и SW/2 - α· Q_{v1}

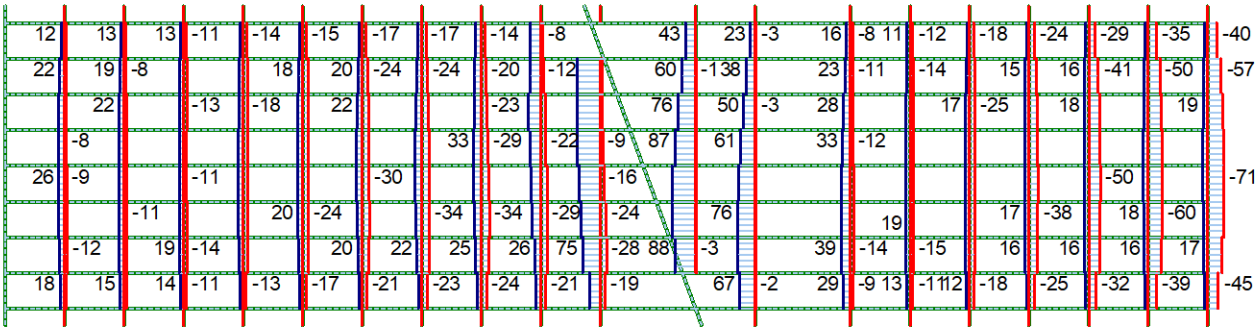
Лева и десна конструкција / Left and right structure

Опт. 5: [Анв] 2-4



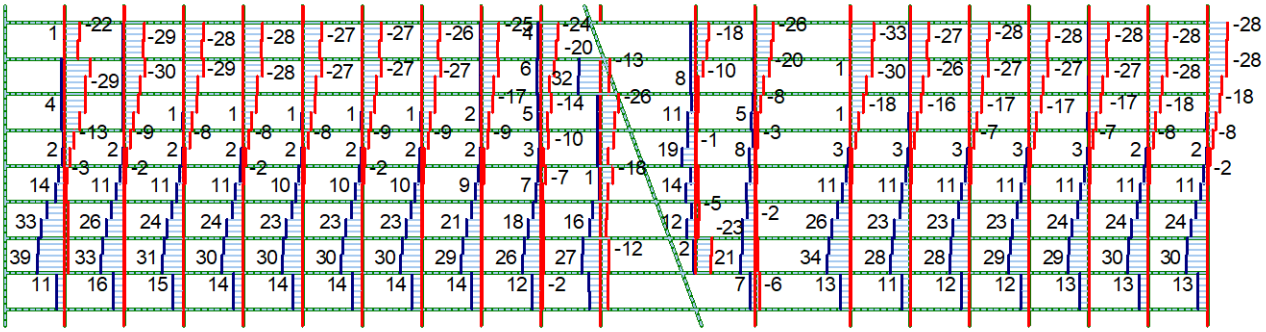
Утицаји у греди: max M3= 407 / min M3= -465 kNm

Опт. 5: [Анв] 2-4



Утицаји у греди: max M1= 101 / min M1= -71 kNm

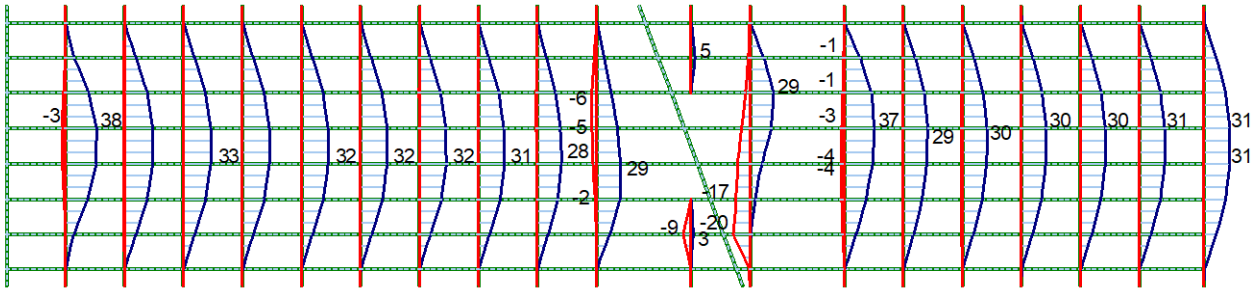
Опт. 5: [Анв] 2-4



Утицаји у греди: max T2= 231 / min T2= -254 kN

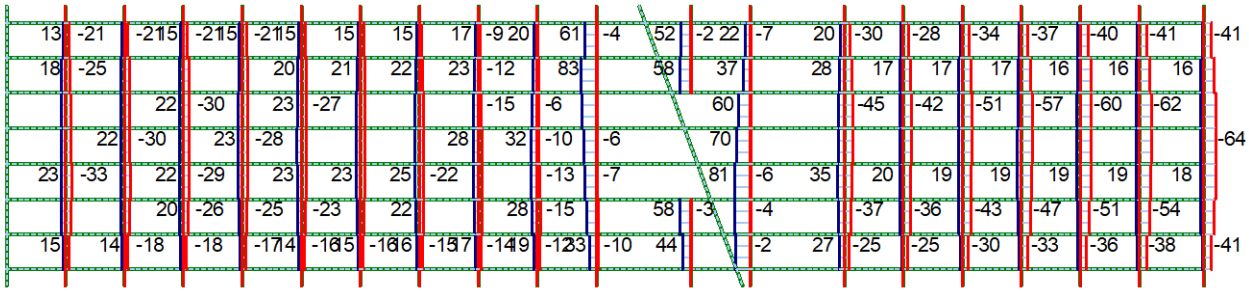
Средња конструкција / Mid structure

Опт. 5: [Анв] 2-4



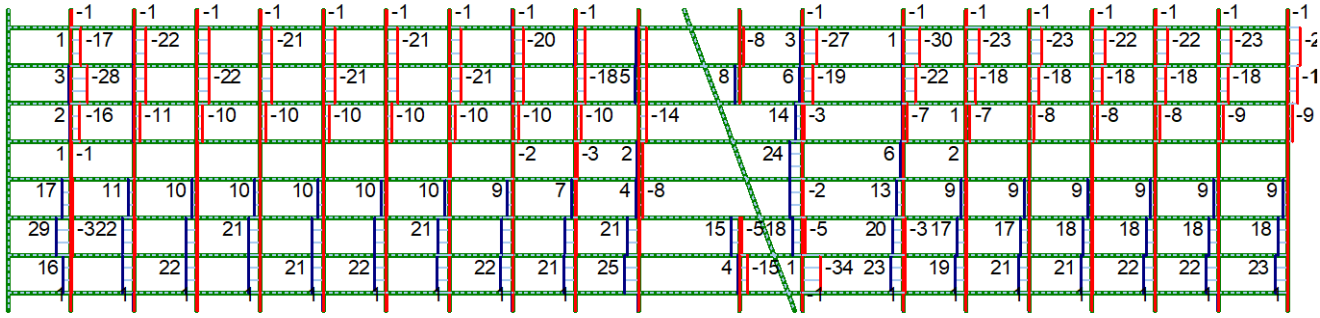
Утицаји у греди: max M3= 425 / min M3= -479 kNm

Опт. 5: [Анв] 2-4



Утицаји у греди: max M1= 83 / min M1= -74 kNm

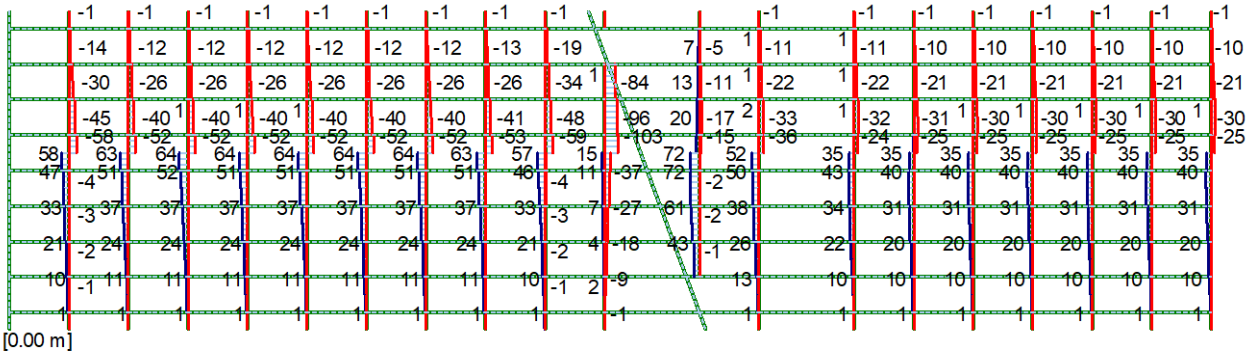
Опт. 5: [Анв] 2-4



Утицаји у греди: max T2= 266 / min T2= -243 kN

7.1.3 Сила бочног удара $\alpha \cdot Q_{sk}$

Опт. 1: axQsk

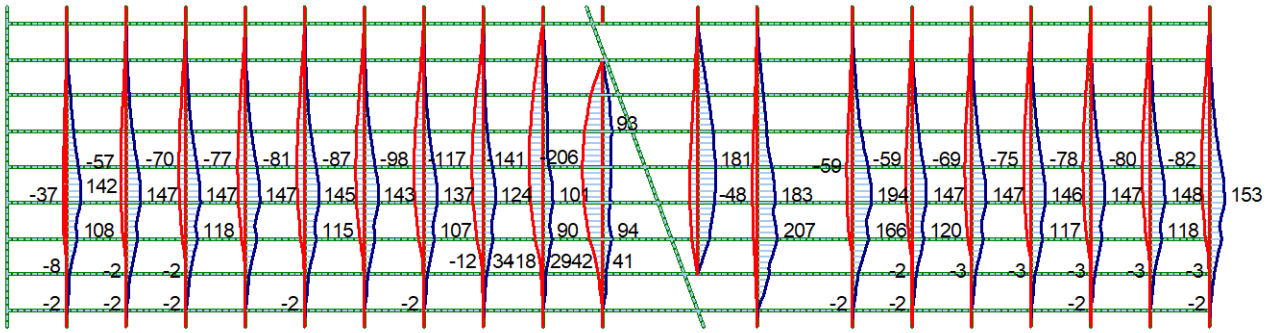


Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max N1= 72 / min N1= -118 kN

7.1.4 Утицај исклизнућа железничких возила на мосту Q_{Ad}

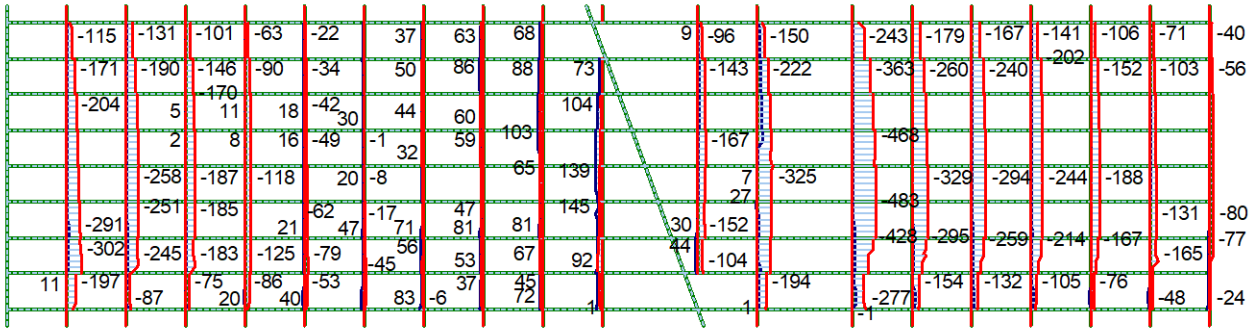
Лева и десна конструкција / Left and right structure

Опт. 7: [Анв] 1-6



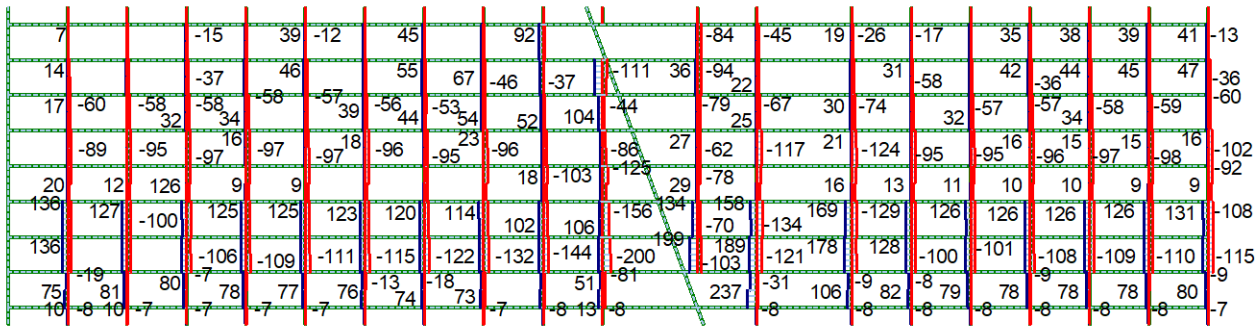
Утицаји у греди: max M3= 796 / min M3= -1203 kNm

Опт. 7: [Анв] 1-6



Утицаји у греди: max M1= 181 / min M1= -483 kNm

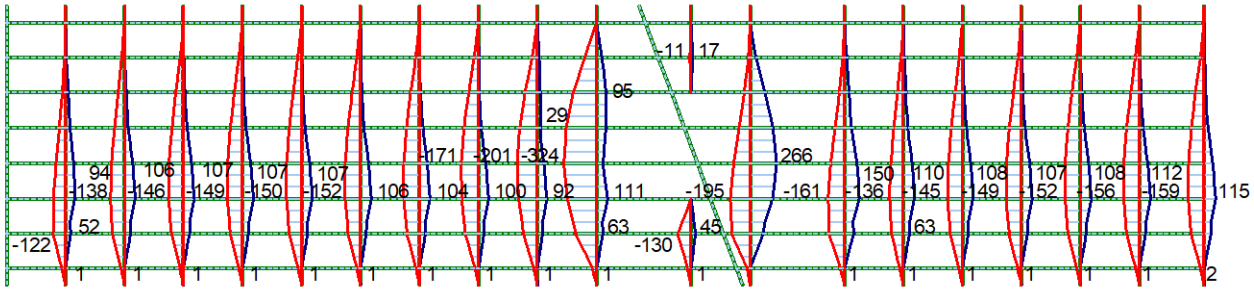
Опт. 7: [Анв] 1-6



Утицаји у греди: max T2= 531 / min T2= -869 kN

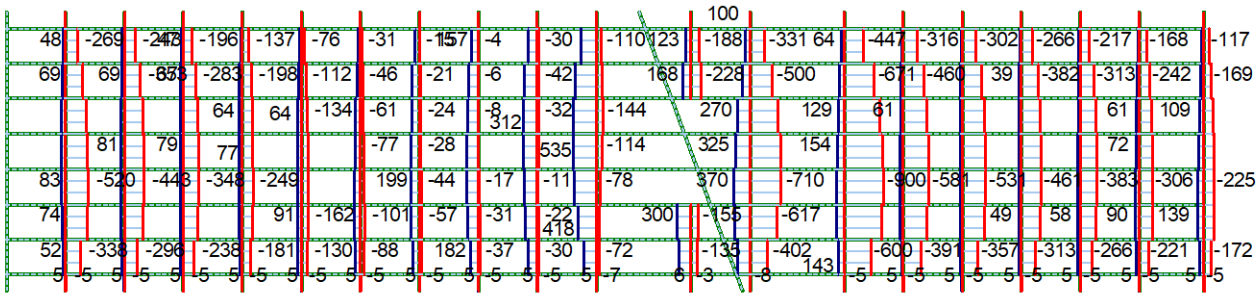
Средња конструкција / Mid structure

Опт. 7: [Anv. QAd] 1-6



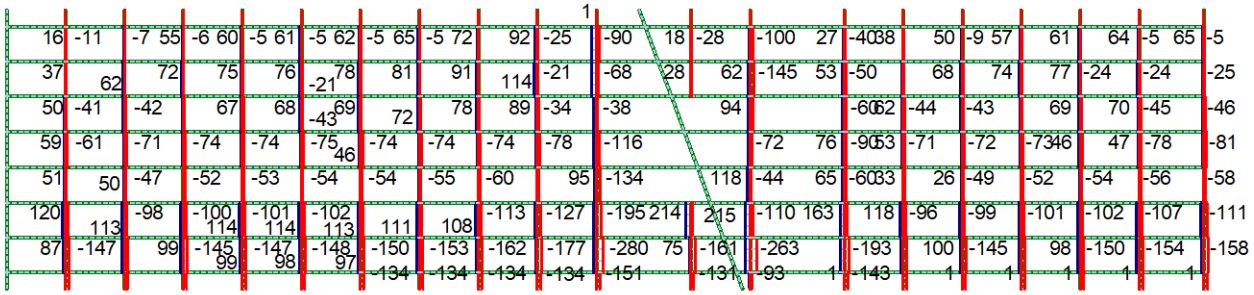
Утицаји у греди: max M3= 935 / min M3= -1330 kNm

Опт. 7: [Anv. QAd] 1-6



Утицаји у греди: max M1= 535 / min M1= -900 kNm

Опт. 7: [Anv. QAd] 1-6



Утицаји у греди: max T2= 1089 / min T2= -1620 kN

7.2 ГРАНИЧНО СТАЊЕ НОСИВОСТИ / ULTIMATE LIMIT STATES

Меродавни утицаји за контролу граничне носивости и контролу граничних стања употребљивости.

У приложеној табели дате су и рачунске потребне површине арматуре за меродавне комбинације оптерећења.

Internal forces for ultimate and serviceability limit state control.

In table below are also gives the calculated required areas of transverse reinforcement for the relevant load combinations.

	Коловозна плоча - лева и десна конструкција													
	коловозна плоча у пољима bxd=100x70cm							коловозна плоча у зони средњег ослонца bxd=130x70cm						
сл. оптерећ.	maxM3	odgM1	odgN1	minM3	odgM1	odgN1	extrT2	maxM3	odgM1	odgN1	minM3	odgM1	odgN1	extrT2
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
G_{k2}	3	-40		-23	-50		-30	-15	-57		-33	68		-46
$\alpha \cdot Q_{v1}$	53	-9		-1	-55		-2	31	-24		-6	76		-11
$\alpha \cdot Ф3 \cdot Q_{v1}$	69	-12	0	-1	-72	0	-3	40	-31	0	-8	99	0	-14
$\alpha \cdot Q_{sk}$			58			10				103			18	
G_{k2}-одг за Q_{Ad}	3	-40		-10	42		17	0	-42		-15	79		9
Q_{ad}	142	-49		-141	65		136	207	-28		-206	139		199
ком. оптерећ.	$maxM_{Ed}$	$odgT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$minM_{Ed}$	$odgT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$extrV_{Ed}$	$maxM_{Ed}$	$odgT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$minM_{Ed}$	$odgT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$extrV_{Ed}$
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
1.1.1	104	-71	84	-33	-171	15	-44	38	-122	149	-56	235	26	-83
	$_{pot}A_s$=	7,09	cm^2/m	$_{pot}A_s$=	6,85	cm^2/m		$_{pot}A_s$=	5,37	cm^2/m	$_{pot}A_s$=	7,02	cm^2/m	
1.3.1	145	-89	0	-151	107	0	153	207	-70	0	-221	218	0	208
	$_{pot}A_s$= 7,46 cm^2/m			**$_{pot}A_s$= 7,79 cm^2/m**				**$_{pot}A_s$= 6,82 cm^2/m**			**$_{pot}A_s$= 9,63 cm^2/m**			
2.1.3	72	-52	58	-24	-122	10	-33	25	-88	103	-41	167	18	-60
2.3.1	3	-40	0	-23	-50	0	-30	-15	-57	0	-33	68	0	-46

	Коловозна плоча - средња конструкција													
	коловозна плоча у пољима bxd=100x70cm							коловозна плоча у зони средњег ослонца bxd=130x70cm						
сл. оптерећ.	maxM3	odgM1	odgN1	minM3	odgM1	odgN1	extrT2	maxM3	odgM1	odgN1	minM3	odgM1	odgN1	extrT2
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
G_{k2}	12	-7		0	-20		8	3	33		-12	43		-21
$\alpha \cdot Q_{v1}$	38	-33		0	-64		29	29	60		-20	81		-34
$\alpha \cdot Ф3 \cdot Q_{v1}$	49	-43	0	0	-83	0	38	38	78	0	-26	105	0	-44
$\alpha \cdot Q_{sk}$			58			10				103			18	
G_{k2}-одг за Q_{Ad}	2	-20		1	-22		-14	3	43		2	30		-21
Q_{ad}	115	139		-159	-225		-158	266	325		-324	-114		-280
ком. оптерећ.	$maxM_{Ed}$	$odgT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$minM_{Ed}$	$odgT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$extrV_{Ed}$	$maxM_{Ed}$	$odgT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$minM_{Ed}$	$odgT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$extrV_{Ed}$
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
1.1.1	88	-72	84	0	-148	15	65	59	158	149	-54	211	26	-92
	$_{pot}A_s$=	6,88	cm^2/m	$_{pot}A_s$=	5,07	cm^2/m		$_{pot}A_s$=	6,89	cm^2/m	$_{pot}A_s$=	6,43	cm^2/m	
1.3.1	117	119	0	-158	-247	0	-172	269	368	0	-322	-84	0	-301
	$_{pot}A_s$= 7,32 cm^2/m			***$_{pot}A_s$= 11,90 cm^2/m***				**$_{pot}A_s$= 14,22 cm^2/m**			**$_{pot}A_s$= 10,11 cm^2/m**			
2.1.3	61	-50	58	0	-103	10	46	41	111	103	-38	148	18	-65
2.3.1	12	-7	0	0	-20	0	8	3	33	0	-12	43	0	-21

У наставку су приложени само прорачуни максималне потребне површине попречне арматуре.

7.2.1 Носивост пресека на савијање

Минимална површина подужне арматуре (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2.1.1):

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d = 0.26 \cdot \frac{3.2}{500} \cdot 67.5 \cdot 100 = 11.23 cm^2/m$$

Код плоча које носе у једном правцу, површина попречне арматуре не треба да буде мања од 20% површине главне арматуре (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.3.1.1 (2)).

Бетонска плоча између убетонираних носача СРПС ЕН 1994-2, 6.3.1 (4); Ril 804

	Главна арматура / Reinforcement						Подеона арматура / Secondary reinforcement			
	доња зона / bottom			горња зона / upper			доња зона	горња зона		
$_{max}s=$	<	30	cm	<	30	cm	најмање 2Ø10 по носачу	<	30	cm
$_{мин}Ø=$	>	16	mm	>	12	mm		>	10	mm

7.2.1.1 Прорачун попречне арматуре у пољима / Transverse reinforcement in the spans

Десна и лева конструкција / Left and right structure

b	100,00	cm				
h	70,00	cm	M_{sds}	145,00	kNm	
d_1 (d_2)	10,50	cm	$M_{Rd,lim}$	1397,36	kNm	
d	59,50	cm	μ_{sd}	0,017		
f_{cd}	2,48	kN/cm^2	Jednostruko armiranje			
f_{yd}	50,00	kN/cm^2	ω	1,768	%	
M_{sd}	145,00	kNm	ρ	0,084	%	
N_{sd}	0,00	kN	ξ	0,066		x 3,95 cm
ε_{s1}	10,00	‰	ζ	0,977		
ε_{c2}	0,71	‰	A_{s1}	4,99	cm^2	
			A_{s2}	0,00	cm^2	

Потребна површина подужне арматуре, која се распоређује у горњу и доњу зону, за пријем утицаја торзије може се одредити из израза (СРПС ЕН 1992-1-1, 6.3.2(3)):

The required cross-sectional area of the additional reinforcement for torsion (SRPS EN 1992-1-1, 6.3.2(3)):

$$\sum A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2A_k \cdot f_{yd}} \cdot \cot\theta = \frac{89 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (90+60)}{2 \cdot 90 \cdot 60 \cdot 50} = 4.94 cm^2$$

$$A_{pot} = 4.99 + 0.5 \cdot 4.94 = 7.46 cm^2/\text{m}$$

Попречна арматура у пољима леве и десне конструкције, у доњој зони:

Transverse reinforcement in the spans of the left and right structure, in the bottom zone:

*Усваја се арматура / Adopted **Ø16/20** (A=10.05cm^2/m)*

b	100,00	cm				
h	70,00	cm	M_{sds}	151,00	kNm	
d_1 (d_2)	6,00	cm	$M_{Rd,lim}$	1616,72	kNm	
d	64,00	cm	μ_{sd}	0,015		
f_{cd}	2,48	kN/cm^2	Jednostruko armiranje			
f_{yd}	50,00	kN/cm^2	ω	1,530	%	
M_{sd}	151,00	kNm	ρ	0,075	%	
N_{sd}	0,00	kN	ξ	0,062		x 3,94 cm
ε_{s1}	10,00	‰	ζ	0,979		
ε_{c2}	0,66	‰	A_{s1}	4,82	cm^2	
			A_{s2}	0,00	cm^2	

$$\sum A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2A_k \cdot f_{yd}} \cdot \cot\theta = \frac{107 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (90+60)}{2 \cdot 90 \cdot 60 \cdot 50} = 5.94 cm^2$$

$$A_{pot} = 4.82 + 0.5 \cdot 5.94 = 7.79 cm^2/m$$

Попречна арматура у пољима леве и десне конструкције, у горњој зони:
Transverse reinforcement in the spans of the left and right structure, in the upper zone:

*Усваја се арматура / Adopted **Ø16/20** (A=10.05cm²/m)*

Средња конструкција / Mid structure

b	100,00	cm					
h	70,00	cm	**M_{sds}**	117,00	kNm		
d_1 (d_2)	10,50	cm	**$M_{Rd,lim}$**	1397,36	kNm		
d	59,50	cm	**μ_{sd}**	0,013			
f_{cd}	2,48	kN/cm²	Jednostruko armiranje				
f_{yd}	50,00	kN/cm²	**ω**	1,305	%		
M_{sd}	117,00	kNm	**ρ**	0,067	%		
N_{sd}	0,00	kN	**ξ**	0,057		x	3,38 cm
ε_{s1}	10,00	‰	**ζ**	0,981			
ε_{c2}	0,60	‰	**A_{s1}**	4,01	cm²		
			A_{s2}	0,00	cm²		

$$\sum A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2A_k \cdot f_{yd}} \cdot \cot\theta = \frac{119 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (90+60)}{2 \cdot 90 \cdot 60 \cdot 50} = 6.61 cm^2$$

$$A_{pot} = 4.01 + 0.5 \cdot 6.61 = 7.32 cm^2/m$$

Попречна арматура у пољима средње конструкције, у доњој зони:
Transverse reinforcement in the spans of the mid structure, in the bottom zone:

*Усваја се арматура / Adopted **Ø16/20** (A=10.05cm²/m)*

b	100,00	cm					
h	70,00	cm	**M_{sds}**	158,00	kNm		
d_1 (d_2)	6,00	cm	**$M_{Rd,lim}$**	1616,72	kNm		
d	64,00	cm	**μ_{sd}**	0,015			
f_{cd}	2,48	kN/cm²	Jednostruko armiranje				
f_{yd}	50,00	kN/cm²	**ω**	1,530	%		
M_{sd}	158,00	kNm	**ρ**	0,079	%		
N_{sd}	0,00	kN	**ξ**	0,062		x	3,94 cm
ε_{s1}	10,00	‰	**ζ**	0,979			
ε_{c2}	0,66	‰	**A_{s1}**	5,04	cm²		
			A_{s2}	0,00	cm²		

$$\sum A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2A_k \cdot f_{yd}} \cdot \cot\theta = \frac{247 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (90+60)}{2 \cdot 90 \cdot 60 \cdot 50} = 13.72 cm^2$$

$A_{pot} = 5.04 + 0.5 \cdot 13.72 = 11.9 cm^2/\text{m}$

Попречна арматура у пољима средње конструкције, у горњој зони:
Transverse reinforcement in the spans of the mid structure, in the upper zone:

Усваја се арматура / Adopted ***Ø16/15*** *(A=13.4cm²/m)*

7.2.1.2 Прорачун попречне арматура у зони средњих ослонаца / Transverse reinforcement at the mid cross girders

Десна и лева конструкција / Right and left structure

b	130,00	cm					
h	70,00	cm	**M_{sds}**	207,00	kNm		
d_1 (d_2)	10,50	cm	**$M_{Rd,lim}$**	1816,57	kNm		
d	59,50	cm	**μ_{sd}**	0,017			
f_{cd}	2,48	kN/cm²	Jednostruko armiranje				
f_{yd}	50,00	kN/cm²	ω	1,768	%		
M_{sd}	207,00	kNm	ρ	0,092	%		
N_{sd}	0,00	kN	ξ	0,066		x	3,95 cm
ε_{s1}	10,00	‰	ζ	0,977			
ε_{c2}	0,71	‰	**A_{s1}**	7,12	cm²		
			A_{s2}	0,00	cm²		

$$\sum A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2A_k \cdot f_{yd}} \cdot \cot\theta = \frac{70 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (120+60)}{2 \cdot 120 \cdot 60 \cdot 50} = 3.5 cm^2$$

$A_{pot} = 7.12 + 0.5 \cdot 3.5 = 8.87 cm^2 \rightarrow A_{pot} = 8.87/1.3 = 6.82 cm^2/m$

Попречна арматура уз средње попречне носаче леве идесне конструкције, у доњој зони:
Transverse reinforcement at the mid cross girders of the left and right structure, in the bottom zone:

Усваја се арматура / Adopted ***Ø16/20*** *(A=10.05cm²/m)*

b	130,00	cm					
h	70,00	cm	**M_{sds}**	221,00	kNm		
d_1 (d_2)	6,00	cm	**$M_{Rd,lim}$**	2101,74	kNm		
d	64,00	cm	**μ_{sd}**	0,017			
f_{cd}	2,48	kN/cm²	Jednostruko armiranje				
f_{yd}	50,00	kN/cm²	ω	1,768	%		
M_{sd}	221,00	kNm	ρ	0,085	%		
N_{sd}	0,00	kN	ξ	0,066		x	4,25 cm
ε_{s1}	10,00	‰	ζ	0,977			
ε_{c2}	0,71	‰	**A_{s1}**	7,07	cm²		
			A_{s2}	0,00	cm²		

$$\sum A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2A_k \cdot f_{yd}} \cdot \cot\theta = \frac{218 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (120+60)}{2 \cdot 120 \cdot 60 \cdot 50} = 10.9 cm^2$$

$A_{pot} = 7.07 + 0.5 \cdot 10.9 = 12.52 cm^2 \rightarrow A_{pot} = 12.52/1.3 = 9.63 cm^2/m$

Попречна арматура уз средње попречне носаче леве идесне конструкције, у горњој зони:
Transverse reinforcement at the mid cross girders of the left and right structure, in the upper zone:

*Усваја се арматура / Adopted **Ø16/20** (A=10.05cm²/m)*

Средња конструкција / Mid structure

b	130,00	cm					
h	70,00	cm	**M_{sds}**	269,00	kNm		
d_1 (d_2)	10,50	cm	**$M_{Rd,lim}$**	1816,57	kNm		
d	59,50	cm	**μ_{sd}**	0,024			
f_{cd}	2,48	kN/cm²	Jednostruko armiranje				
f_{yd}	50,00	kN/cm²	**ω**	2,417	%		
M_{sd}	269,00	kNm	**ρ**	0,120	%		
N_{sd}	0,00	kN	**ξ**	0,078		x	4,65 cm
ε_{s1}	10,00	‰	**ζ**	0,973			
ε_{c2}	0,85	‰	**A_{s1}**	9,29	cm²		
			A_{s2}	0,00	cm²		

$$\sum A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2A_k \cdot f_{yd}} \cdot \cot\theta = \frac{368 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (120+60)}{2 \cdot 120 \cdot 60 \cdot 50} = 18.4 cm^2$$

$A_{pot} = 9.29 + 0.5 \cdot 18.4 = 18.49 cm^2 \rightarrow A_{pot} = 18.49/1.3 = 14.22 cm^2/m$

Попречна арматура уз средње попречне носаче средње конструкције, у доњој зони:
Transverse reinforcement at the mid cross girders of the mid structure, in the bottom zone:

*Усваја се арматура / Adopted **Ø20/20** (A=15.7cm²/m)*

b	130,00	cm					
h	70,00	cm	**M_{sds}**	322,00	kNm		
d_1 (d_2)	6,00	cm	**$M_{Rd,lim}$**	2101,74	kNm		
d	64,00	cm	**μ_{sd}**	0,025			
f_{cd}	2,48	kN/cm²	Jednostruko armiranje				
f_{yd}	50,00	kN/cm²	**ω**	2,556	%		
M_{sd}	322,00	kNm	**ρ**	0,124	%		
N_{sd}	0,00	kN	**ξ**	0,080		x	5,15 cm
ε_{s1}	10,00	‰	**ζ**	0,972			
ε_{c2}	0,88	‰	**A_{s1}**	10,35	cm²		
			A_{s2}	0,00	cm²		

$$\sum A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2A_k \cdot f_{yd}} \cdot \cot\theta = \frac{84 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (120+60)}{2 \cdot 120 \cdot 60 \cdot 50} = 4.2 cm^2$$

$A_{pot} = 10.35 + 0.5 \cdot 4.2 = 12.45 cm^2 \rightarrow A_{pot} = 12.45/1.3 = 10.11 cm^2/m$

Попречна арматура уз средње попречне носаче средње конструкције, у горњој зони:
Transverse reinforcement at the mid cross girders of the mid structure, in the upper zone:

*Усваја се арматура / Adopted **Ø20/20** (A=15.7cm²/m)*

7.2.2 Носивост пресека на смицање / Design resistance for shear

КОНТРОЛА ПРЕСЕКА НА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.2)

incidenta proračunska situacija

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}k(100\,\rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\,\sigma_{cp}]\,b_w d$$

$$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$$

C35/45 (MB 40/45) γ_{Bd1}= 1

γ_c= 1,2

$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c= 0,15

h= 700 mm

a= 60 mm

d= 640 mm

b_w= 1300 mm

$k = 1+\sqrt{\frac{200}{d}} \le 2{,}0$ → k= 1,559

A_{sl}= 20,41 cm^2

$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \le 0{,}02$ → ρ_l= 0,0025

f_{ck}= 35 Mpa

k_1= 0,15

V_{Ed}= 301 kN

N_{Ed}= 0 kN

f_{cd}= $\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$= 24,792 Mpa

σ_{cp}= N_{ed}/A_c= 0,00 Mpa

σ_{cp}< $0.2f_{cd}$= 4,96 Mpa

→ σ_{cp}< 0,00 Mpa

$V_{Rd,c}$= 435,76 kN

$v_{min} = 0{,}035\,k^{3/2}\cdot f_{ck}^{1/2}$ = 0,4031

$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$ = 366,8 kN

→$V_{Rd.c}$= 435,8 kN

→$V_{Rd,c}/\gamma_{Bd1}$= 435,8 kN

НИЈЕ ПОТРЕБНА ЈЕ ПРОРАЧУНСКА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

Носивост бетонсог пресека је довољна за пријем граничних смичућих сила.

Shear resistance of concrete section is sufficient.

Извршена је и контрола попречне арматуре која пролази кроз ребро ваљаних челичних носача за пренос смичуче силе. Меродавни утицаји, за контролу попречне арматуте, јављају се у фиктивним носачима изнад средњег ослонца услед инцидентног оптерећења при исклизнућа железничких возила.

The control of the transverse reinforcement thath passes through the webs of the steel beams for transmission of shear force was also performed. The relevant shear forces, for the control of the transverse reinforcement, occur above the middle support due to the derailment.

$V_{Ed}=V_{Gk2}+V_{QAd}$= (21+2) + (263+15) = 301kN

$\Delta A_s = F_{td} / f_{yd} = 301/1.3/50 = 4.63 cm^2/m$

Потребна арматура за пријем утицаја услед савијања износи 10.35cm^2, приказана у поглављу 7.2.

Усвојена арматура ***Ø20/20*** 15.7cm^2/m > 10.35+4.63=14.98cm^2 довољна је за пријем смичућих сила.

7.3 ГРАНИЧНО СТАЊЕ УПОТРЕБЉИВОСТИ / SERVICEABILITY LIMIT STATE

Меродавни утицаји за контролу напона и прслина приказане су у предходном поглављу.

Internal forces are shown in the Chapter 7.2.

7.3.1 Контрола напона и карактеристичне ширине прслина / Stress and crack control

Услед карактеристичне комбинације оптерећења напон притиска треба ограничити на вредност $k_1f_{ck}=0.6f_{ck}=0.6\cdot35=21$Mpa, док напон затезања у арматури не треба да буде већи од $k_3f_{yk}=0.8f_{yk}=0.8\cdot500=400$Mpa (СРПС ЕН 1992-1-1, СРПС ЕН 1992-1-1/НА, 7.2 (2) и (5)).

За квази сталну комбинацију оптерећења карактеристична ширина прслина $w_{max}<0.3$mm, напон притиска у бетону треба ограничити на вредност $k_2f_{ck}=0.45f_{ck}=15.75$Mpa како би ефекти течења остали у домену линеарног (СРПС ЕН 1992-2, табела 7.101N и СРПС ЕН 1992-1-1, 7.2(3)).

Контрола напона и карактеристичне ширине прслина, извршена је услед карактеристичне комбинације оптерећења.

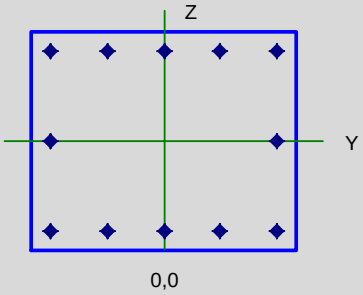
Materials:

f_{ck} =	35	MPa	E_{cm} =	34,1	GPa
f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200	GPa
γ_c =	1,5				
γ_s =	1,15				
a_{CC} =	0,85				

Section Properties:

Height = 700 mm Width = 1000 mm

Concrete section			Transformed section		
A_C =	700000	mm²	A_T =	713307,1	mm²
I_C =	2,9E+10	mm⁴	I_T =	2,96E+10	mm⁴
Y_{bC} =	350	mm	Y_{bT} =	348,8516	mm



Reinforcing bars:

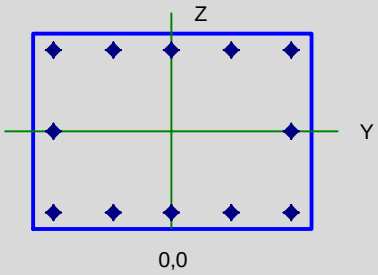
No.bars =	12 (< 300)	
Σ(As) =	2733	mm²
ΣAs/Ac =	0,0039	
Concrete cover =	40	mm
Spiral/Stirrup dia. =	8	mm

Reinforcing Bar No.	Area A_s mm²	Coordinates, mm Y (from ctr.)	Z (from bot.)
1	314	-427,00	58,00
2	314	-213,50	58,00
3	314	0,00	58,00
4	314	213,50	58,00
5	314	427,00	58,00
6	79	-427,00	348,50
7	79	427,00	348,50
8	201	-427,00	639,00
9	201	-213,50	639,00
10	201	0,00	639,00
11	201	213,50	639,00
12	201	427,00	639,00

SLS Loads	P =	-58	kN	(+ for compression)	
	M =	72	kNm	(+ for tension on the bottom)	Calculate stresses
Materials					
	f_{yk} =	500	MPa	E_s = 200000 MPa	
	f_{ck} =	35	MPa		Solved
	f_{cm} =	43	MPa	E_{cm} = 34077 MPa	
	$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	3,21	MPa		
	Creep factor, Ct =	0,7			
	Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	20045	MPa	E_s/E_{ctm}= 9,98	

Results of SLS analysis

Neutral axis from compression edge, x =	101,2	mm
Maximum concrete stress, fc.max =	1,74	MPa
Maximum steel stress, fs.max =	92,5	MPa
at y_{st} =	642	mm
Number of bars in tension =	7	
Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	615,4	mm
Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-9E-05	
Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	8,6E-07	mm^{-1}



Crack width calculations

Limiting crack with $W_{k,max}$ =	0,3	mm		
bar diameter, d_b =	20	mm		
Clear cover, c =	42	mm		
Bar spacing S =	200	mm	≤ 5(clr+db/2) = 260 mm	OK
Bond coefficient	k_1 = 0,8		(0.8 for deformed bars and 1.6 for plain bars)	
Strain distribution coefficient	k_2 = 0,5		(0.5 for bending, 1.0 for pure tension)	
	k_3 = 3,4		(country specific, recommended 3.4, 1.0 used in earlier code)	
	k_4 = 0,425		(country specific, recommended 0.425 , 0.25 used in earlier code)	
Load duration coefficient	k_t = 0,4		(0.6 for short term and 0.4 for long term loading)	

Total section height, H =	700,0	mm	
h = min(H,y_{st}+db/2+c) =	694,0	mm	Section height adjusted for concrete cover
$h_{c,ef}$ = min[2.5(h-d), (h-x)/3] =	196,4	mm	
$A_{c,eff}$ ($h_{c,ef}$) =	196405	mm^2	
A_{st} =	1728	mm^2	
$r_{p,eff}$ = $A_{st}/A_{c,eff}$ =	0,0088		

Max. crack spacing $S_{r,max}=k_3c+k_1k_2k_4d_b/\rho_{p,eff}$ =	529,2	mm		(7.11)
$S_{r,max}$ = 1.3(h-c) =	855,4	mm	min of = 529,2 mm	(7.14)

e_{sm}, e_{cm} - steel and conc. strains

$\alpha_e = E_s/E_{cm}$ =	5,87		
$e_{sm}-e_{cm} = [f_s-k_tf_{cf,eff}(1+\alpha_e\rho_{p,eff})/\rho_{p,eff}]/E_s$ =	0,00028	(7.9)	
$0.6f_s/E_s$ =	0,00028	max of = $e_{sm}-e_{cm}$ =	0,000278
Crack width $W_k=S_{r,max}(e_{sm}-e_{cm})$ =	**0,15 mm**	(7.8)	

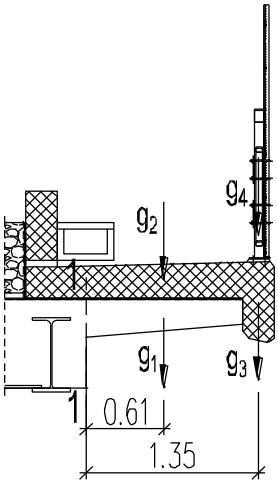
Check maximum crack width	**Wk ≤ Wk,max**	**0,15 mm ≤ 0,3 mm**	**OK**

Услови у погледу ограничења напона и карактеристичне ширине прслина су задовољени.

The stress limitation and the maximum crack width limitation are satisfied.

8 КОНЗОЛА РЕВИЗИОНЕ СТАЗЕ / DECK CANTILEVERS

8.1 АНАЛИЗА ОПТЕРЕЋЕЊА / ACTIONS



Стално оптерећење / Permanent loads

Тежина конзоле:

g_1=0.306·25=7.65kN/m m_1=7.65·0.61=4.68kNm/m

Тежина ревизионе стазе:

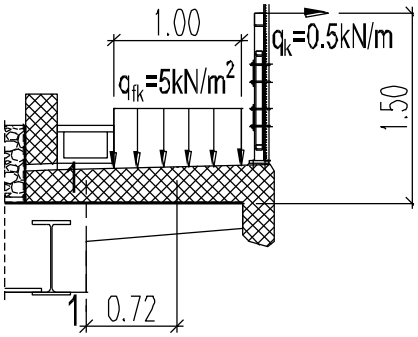
g_2=0.33·25=8.25kN/m m_2=8.25·0.61=5.05kNm/m

Тежина ивичног парапета:

g_3=0.154·25=3.85kN/m m_3=3.85·1.35=5.20kNm/m

Тежина ограде са заштитном мрежом:

g_4=1.00kN/m m_4=1.0·1.35=1.35kNm/m



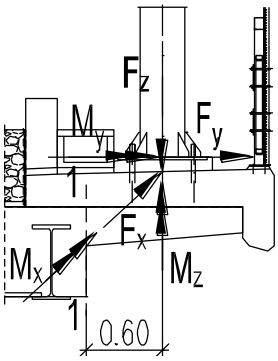
Корисо оптерећење / Live load

Корисни оптерећење на ревизионим стазама:

g_{fk}=5·1=5kN/m m_{qfk}=5·0.72=3.6kNm/m

Хоризонтално оптерећење на ограду према СРПС ЕН 1991-1-1, Табела 6.12 за категорије Б и Ц1 (ЕН 1991-2, 6.3.7 (4)) износи:

g_k=0.5kN/m m_{qk}=0.5·1.5=0.75kNm/m



Тежина портала контактне мреже / Weight of the OCS:

Fx=±15kN Fy=25kN Fz=100kN

Mx=20kN My=±40kN Mz=±10kN

Оптерећење услед ветра на портал контактне мреже / Wind action on the OCS:

Fx=23kN Fy=30kN Fz=100kN

Mx=120kN My=80kN

8.2 КОНТРОЛА ГРАНИЧНЕ НОСИВОСТИ / ULTIMATE LIMIT STATES

Пресек 1 -1

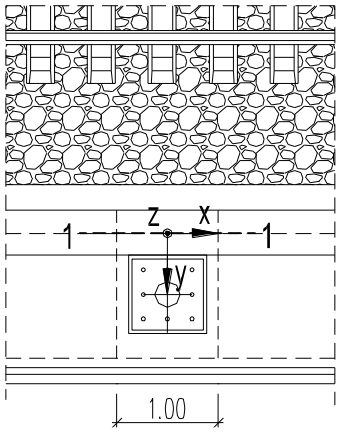
Комбинације дејства за сталне или пролазне прорачунске ситуације (Основне комбинације)

Смичућа сила $V_{Ed} = 1.35\cdot(G_{k1}+G_{k2})+1.5\cdot q_{fk} = 1.35\cdot(7.65+8.25+3.85+1)+1.5\cdot 5 = 35.5kN/m$

Моменат савијања $M_{Ed} = 1.35\cdot(G_{k1}+G_{k2})+1.5\cdot q_{fk} = 1.35\cdot\left(4.68+5.05+5.2+1.5\right)+1.5\cdot\left(3.6+0.75\right) = 28.5kNm/m$

Нормална сила $N_{Ed} = 1.5\cdot q_{fk} = 1.5\cdot 0.75 = 1.13kN/m$

<u>Пресек 1 -1</u> – локално у зони портала контактне мреже / locally at the OCS



Вертикална смичућа сила

$$V_{z,Ed} = 1.35\cdot(G_{k1}+G_{k2}+F_{z,OCS})+1.5F_{z,w,OCS} = 1.35\cdot(20.75+100)+1.5\cdot100 = 313kN$$

Хоризонтална смичућа сила

$$V_{x,Ed} = 1.35\cdot F_{x,OCS}+1.5\cdot F_{x,w,OCS} = 1.35\cdot15+1.5\cdot23 = 55kN$$

Нормална сила

$$N_{Ed} = 1.35\cdot F_{y,OCS}+1.5\cdot F_{y,w,OCS} = 1.35\cdot25+1.5\cdot30 = 79kN$$

Моменати савијања

$$M_{x,Ed} = 1.35\cdot(G_{k1}+G_{k2}+M_{x,OCS})+1.5\cdot M_{x,w,OCS} = 1.35\cdot(16.28+20)+1.5\cdot120 = 229kNm$$

$$M_{z,Ed} = 1.35\cdot(M_{z,OCS}) = 1.35\cdot(10) = 13.5kNm$$

Моменат торзије

$$T_{Ed} = 1.35\cdot M_{y,OCS}+1.5\cdot M_{y,w,OSC} = 1.35\cdot40+1.5\cdot80 = 174kNm$$

8.2.1 Носивост пресека на савијање / Design bending resistance

Минимална и максимална површина арматуре (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2.1.1):

$$A_{s,min} = 0.26\cdot\frac{f_{ctm}}{f_{yk}}\cdot b_t\cdot d = 0.26\cdot\frac{3.2}{500}\cdot30\cdot100 = 4.99cm^2/m$$

$$A_{s,max} = 0.04\cdot A_c = 0.04\cdot30\cdot100 = 120cm^2/m$$

Код плоча које носе у једном правцу, површина попречне арматуре не треба да буде мања од 20% површине главне арматуре (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.3.1.1 (2)).

<u>Пресек 1 -1 – прорачун потребне арматуре</u>

b	100.00	cm				
h	30.00	cm	**M_{sds}**	28.38	kNm	
d_1 (d_2)	4.00	cm	**$M_{Rd,lim}$**	266.82	kNm	
d	26.00	cm	**μ_{sd}**	0.017		
f_{cd}	2.48	kN/cm^2	Jednostruko armiranje			
f_{yd}	50.00	kN/cm^2	**ω**	1.768	%	
M_{sd}	28.50	kNm	**ρ**	0.087	%	
N_{sd}	-1.13	kN	**ξ**	0.066		x 1.73 cm
ε_{s1}	10.00	‰	**ζ**	0.977		
ε_{c2}	0.71	‰	**A_{s1}**	2.26	cm^2	
			A_{s2}	0.00	cm^2	

*<u>Усваја се арматура ±**Ø16/20** (A=10.05cm^2/m)</u>*

<u>Пресек 1 -1</u> – локално у зони портала контактне мреже

b	100.00	cm	**f_{cd}**	1.98	kN/cm^2
h	30.00	cm	**f_{yd}**	43.48	kN/cm^2
d_1 (d_2)	4.00	cm	**M_{sd}**	229.00	kNm
d	26.00	cm	**N_{sd}**	-79.00	kN

			Dvostruko armiranje				
ε_{s1}	10.00	‰	ω	17.840	%		
ε_{c2}	3.50	‰	ρ	0.937	%		
M_{sds}	220.31	kNm	ξ	0.259		x	6.74 cm
$M_{Rd,lim}$	213.35	kNm	ζ	0.892			
μ_{sd}	0.159		A_{s1}	23.66	cm^2		
			A_{s2}	0.69	cm^2		

Додатна арматура у горњој зону конзоле ревизионе стазе, локално у ширини од 1m уз стубове портала контзакне мреже, усваја се арматура ***Ø20/20.***

Additional reinforcement at the OCS ***Ø20/20.***

*Укупна арматура у горњој зони уз портал контакне мреже ±**Ø16/20**+ **Ø20/20** (A=25.75cm²/m)*

8.2.2 Носивост пресека на смицање и торзију / Design shear resistance

Пресек 1 -1

КОНТРОЛА ПРЕСЕКА НА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.2)

incidenta proračunska situacija

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}k(100\,\rho_l f_{ck})$$

$$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$$

C35/45 (MB 40/45) γ_{Bd1}= 1

γ_c= 1.2

$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c= 0.15

h= 300 mm

a= 40 mm

d= 260 mm

b_w= 1000 mm

$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \le 2{,}0$ → k= 1.877

A_{sl}= 10.05 cm^2

$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \le 0{,}02$ → ρ_l= 0.0039

f_{ck}= 35 Mpa

k_1= 0.15

V_{Ed}= 35.50 kN

N_{Ed}= -1.13 kN

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$ = 24.792 Mpa

$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c$ = 0.00 Mpa

$\sigma_{cp} < 0.2 f_{cd}$ = 4.96 Mpa

→ σ_{cp}< 0.00 Mpa

$V_{Rd,c}$= 201.10 kN

$v_{min} = 0{,}035\,k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ = 0.5325

$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$ = 159.6 kN

→$V_{Rd,c}$= 201.1 kN

→$V_{Rd,c}/\gamma_{Bd1}$= 201.1 kN

НИЈЕ ПОТРЕБНА ЈЕ ПРОРАЧУНСКА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

<u>Пресек 1 -1</u> – локално у зони портала контактне мреже

Укупна смичућа сила $V_{Ed}^{1-1} = \sqrt{313^2 + 55^2} = 318kN$

КОНТРОЛА ПРЕСЕКА НА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.2)

incidenta proračunska situacija

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}k(100\,\rho_l f_{ck})$$

$$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$$

C35/45 (MB 40/45) γ_{Bd1}= 1

γ_c= 1.2

$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c= 0.15

h= 300 mm

a= 40 mm

d= 260 mm

b_w= 1000 mm

k= $1+\sqrt{\frac{200}{d}} \le 2{,}0$ → k= 1.877

A_{sl}= 25.75 cm^2

$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \le 0{,}02$ → ρ_l= 0.0099

f_{ck}= 35 Mpa

k_1= 0.15

V_{Ed}= 317.00 kN

N_{Ed}= -79.00 kN

f_{cd}= $\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$= 24.792 Mpa

σ_{cp}= N_{ed}/A_c= -0.26 Mpa

σ_{cp}< 0.2f_{cd}= 4.96 Mpa

→ σ_{cp}< -0.26 Mpa

$V_{Rd,c}$= 263.56 kN

$v_{min} = 0{,}035\,k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ = 0.5325

$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$ = 147.9 kN

→$V_{Rd,c}$= 263.6 kN

→$V_{Rd,c}/\gamma_{Bd1}$= 263.6 kN

ПОТРЕБНА ЈЕ ПРОРАЧУНСКА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

*<u>усвајају се четворосечне узенгије **Ø10/15** ($6.28cm^2$)</u>*

ПРОРАЧУН НОСИВОСТИ АРМАТУРЕ ЗА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.3)

α= 90
θ= 45
ctgθ= 1.000 $1 \le ctg\,\theta \le 2{,}5$

$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} ctg\theta$

$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} / (c$

A_{sw}= 6.28 cm^2
s= 10 cm

$\nu_1=\nu$= 0.516

B500B

γ_s= 1
f_{ywd}= 500 MPa
$V_{Rd,s}$= 587.808 kN

α_{cw}= 1 → $V_{Rd,s}$= 587.8 kN
$V_{rd,max}$= 1496.72 → $V_{Rd,s}/\gamma_{Bd1}$= 587.8 kN

АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ ЈЕ ДОВОЉНА ЗА ПРИХВАТАЊЕ СИЛЕ

Арматура потребна за пријем момената торзије:

The area of the sher reinforcement for torsion (SRPS EN 1992-1-1, 6.3.2(3)):

$$A_{sw} = \frac{T_{Ed}}{2 \cdot A_k \cdot f_{yd}} \cdot s \cdot tg\theta = \frac{174 \cdot 100}{2 \cdot 20 \cdot 90 \cdot 43.48} \cdot 10 \cdot 1 = 1.11 cm^2$$

Носивост усвојених узенгија Ø10/15 на торзију

$$T_{Rd} = \frac{6.28 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 90 \cdot 43.48}{10 \cdot 1 \cdot 100} = 983 kNm$$

Максимална ефективна арматура за смицање мора задовољити услов:

$$\frac{A_s \cdot f_{yw}}{b_w \cdot s} = \frac{6.28 \cdot 0.8 \cdot 43.48}{100 \cdot 10} .218 \le \frac{0.5 \cdot \alpha_{cw} \cdot \nu_1 \cdot f_{cd}}{\sin\alpha} = \frac{0.5 \cdot 1 \cdot 0.516 \cdot 1.98}{\sin 90} = 0.51$$

- услов задовољен

Пресек изложен смичућим силама и моментима торсије мора задовољити услов:

The resistance of a member subjected to torsion and shear:

$T_{Ed} / T_{Rd,max} + V_{Ed} / V_{Rd,max} = 174/983 + 318/588 = 0.72 < 1$ - услов задовољен / resistance is satisfied

8.3 ГРАНИЧНО СТАЊЕ УПОТРЕБЉИВОСТИ / SERVICEABILITY LIMIT STATE

Меродавни утицаји за контролу напона и карактеристичне ширине прсина јављају се у зони стуба портала контакне мреже.

Карактеристична комбинација

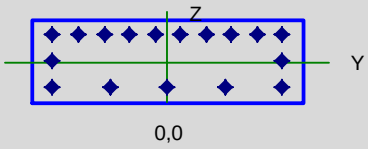
$M_{Ed} = 16.28 + 20 + 120 = 156 kNm$ $N = 25 + 30 = 55 kN$

Квази стална комбинација

$M_{Ed} = 16.28 + 20 = 36 kNm$ $N = 25 kN$

Контрола напона и карактеристичне ширине прслина, извршена је услед карактеристичне комбинације оптерећења.

SLS Loads	P =	-55	kN	(+ for compression)	
	M =	-156	kNm	(+ for tension on the bottom)	Calculate stresses
Materials					
	f_{yk} =	500	MPa	E_s = 200000	MPa
	f_{ck} =	35	MPa		Solved
	f_{cm} =	43	MPa	E_{cm} = 34077	MPa
	$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	3,21	MPa		
	Creep factor, Ct =	0,7			
	Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	20045	MPa	E_s/E_{ctm}= 9,98	
Results of SLS analysis					
	Neutral axis from compression edge, x =	86,2	mm		
	Maximum concrete stress, fc.max =	15,00	MPa		
	Maximum steel stress, fs.max =	286,3	MPa		
	at y_{st} =	251	mm		
	Number of bars in tension =	12			
	Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	245,3	mm		
	Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0,0007			
	Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	8,7E-06	mm^{-1}		
Crack width calculations					
	Limiting crack with $W_{k,max}$ =	0,3	mm		
	bar diameter, d_b =	18	mm		
	Clear cover, c =	40	mm		
	Bar spacing S =	100	mm ≤ 5(clr+db/2) =	245 mm	OK
	Bond coefficient	k_1 =	0,8	(0.8 for deformed bars and 1.6 for plain bars)	
	Strain distribution coefficient	k_2 =	0,5	(0.5 for bending, 1.0 for pure tension)	
		k_3 =	3,4	(country specific, recommended 3.4, 1.0 used in earlier code)	
		k_4 =	0,425	(country specific, recommended 0.425 , 0.25 used in earlier code)	
	Load duration coefficient	k_t =	0,4	(0.6 for short term and 0.4 for long term loading)	
	Total section height, H =	300,0	mm		
	h = min(H,y_{st}+db/2+c) =	300,0	mm	Section height adjusted for concrete cover	
	$h_{c,ef}$ = min[2.5(h-d), (h-x)/3] =	71,3	mm		
	$A_{c,eff}$ ($h_{c,ef}$) =	71271	mm^2		
	A_{st} =	2698	mm^2		
	$r_{p,eff} = A_{st}/A_{c,eff}$ =	0,0379			

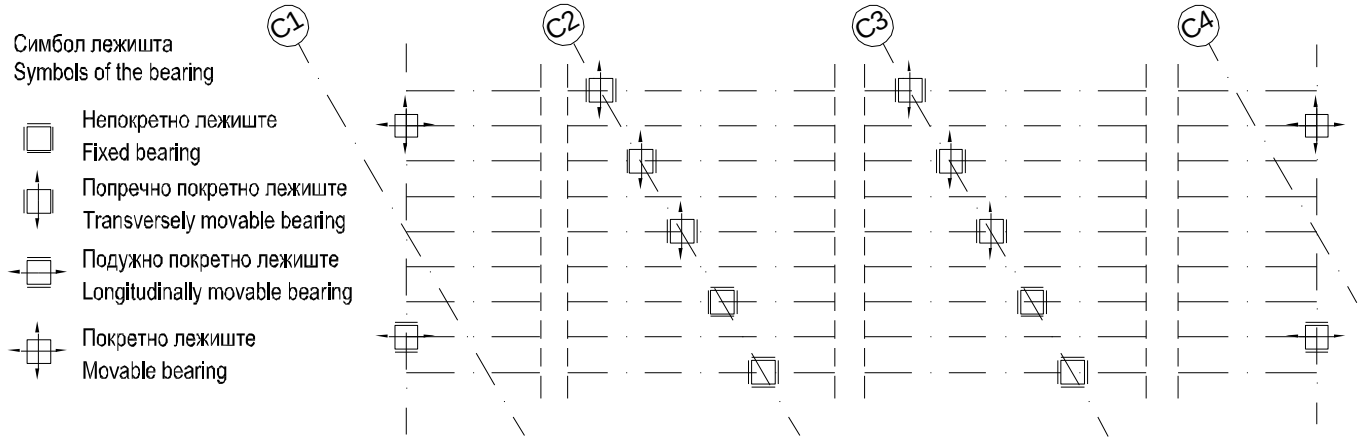


Max. crack spacing $S_{r,max}=k_3c+k_1k_2k_4d_b/\rho_{p,eff}$ =	216,8 mm				(7.11)
$S_{r,max}$ = 1.3(h-c) =	338,0 mm	min of =	216,8 mm		(7.14)
e_{sm}, e_{cm} - steel and conc. strains					
$\alpha_e = E_s/E_{cm}$ =	5,87				
$e_{sm}-e_{cm} = [f_s-k_tf_{cf,eff}(1+\alpha_e\rho_{p,eff})/\rho_{p,eff}]/E_s$ =	0,00122	(7.9)			
$0.6f_s/E_s$ =	0,00086	max of =	$e_{sm}-e_{cm}$ =	0,001224	
Crack width $W_k=S_{r,max}(e_{sm}-e_{cm})$ =	**0,27 mm**	(7.8)			
Check maximum crack width	**Wk ≤ Wk,max**	**0,27 mm**	**≤ 0,3 mm**		**OK**

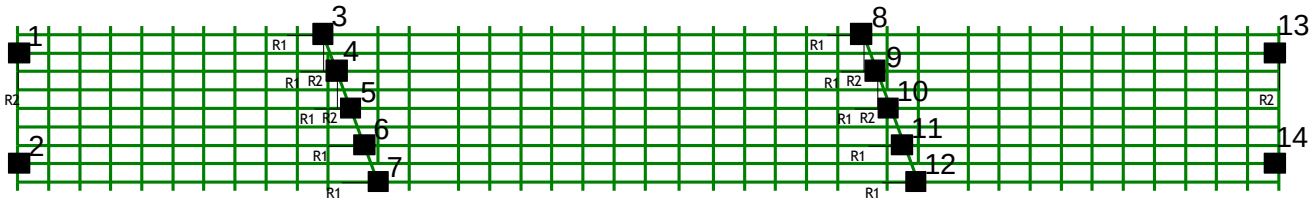
Услови у погледу ограничења напона и карактеристичне ширине прслина су задовољени.
The stress limitation and the maximum crack width limitation are satisfied.

9 ЛЕЖИШТА / BEARINGS

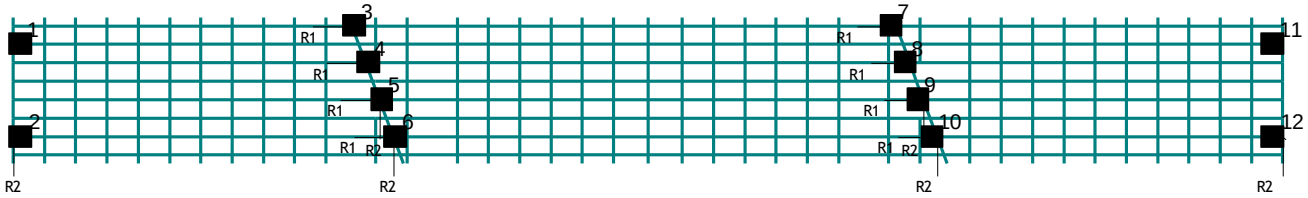
Шема лежишта / Bearing arrangement



Лева и десна конструкција – ознаке лежишта / Left and right structure – bearings No.



Средња конструкција – ознаке лежишта / Mid structure – bearings No.



Подужне хоризонталне реакције у непокретним лежиштима узимајући у обзир интеракцију између шина и конструкције / Longitudinal reactions at fixed bearings taking into account track/bridge interaction

Хоризонталне реакције по једном (од укупно пет на ивичној конструкцији моста, тј. од укупно четири на средњој конструкцији моста) непокретном лежишту моста на једном (од укупно два) средњем стубу услед интеракције колосек - мост:

Ивична конструкција моста (леви колосек/теретни колосек):

Врста утицаја	**Летњи климатски услови**	**Зимски климатски услови**
Температурна промена у оси моста и континуално завареним шинама	**±139,32 kN**	**±140,18 kN**
Убрзање воза	**-58,66 kN**	**-46,92 kN**
Вертикално оптерећење од воза	**±9,44 kN**	**±9,52 kN**

Напомена 1: Позитиван смер реакције одговара смеру раста стационаже.

Напомена 2: За димензионисање лежишта моста узима се утицај силе од температуре, силе од убрзања воза и одговарајућег вертикалног оптерећења од воза или силе од температуре, силе од кочења воза и одговарајућег вертикалног оптерећења од воза.

Средња конструкција моста (десни колосек):

Врста утицаја	**Летњи климатски услови**	**Зимски климатски услови**
Температурна промена у оси моста и континуално завареним шинама	**±171,45 kN**	**±171,13 kN**
Кочење воза	**-54,33 kN**	**-42,85 kN**
Вертикално оптерећење од воза	**±11,80 kN**	**±11,90 kN**

Напомена 1: Позитиван смер реакције одговара смеру раста стационаже.

Напомена 2: За димензионисање лежишта моста узима се утицај силе од температуре, силе од убрзања воза и одговарајућег вертикалног оптерећења од воза или силе од температуре, силе од кочења воза и одговарајућег вертикалног оптерећења од воза.

9.1 КОМБИНАЦИЈЕ ОПТЕРЕЋЕЊА / COMBINATION OF ACTIONS

Основна комбинација оптерећења (ULS) / Fundamental combination (ULS)

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
1.1	$1.35 \text{ ili } 1(G_{k,1}+G_{k,2})+S+1.45(Q_{k,1}+Q_{lak}+0.5Q_{sk})+1.5(0.75F_{wk,train}+0.6T_k+0.8q_{fk})$

Карактеристична комбинација оптерећења (SLS) / Characteristic combination (SLS)

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
2.1	$(G_{k,1}+G_{k,2})+S+(Q_{v,1}+Q_{lak}+0.5Q_{sk})+(0.75F_{wk,train}+0.8q_{fk}+0.6T_k)$

Комбинације за сеизмичке прорачунске ситуације / Combinations for seismic design situations

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
1.2	$(G_{k,1}+G_{k,2})+S+A_{Ed}+(0.5T_k)$

Комбинације за инцидентне прорачунске ситуације / Combinations for accidental design situations

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
1.3	$(G_{k,1}+G_{k,2})+S+Q_{Ad}$

9.2 РЕАКЦИЈЕ ЛЕЖИШТА / BEARING REACTIONS

9.2.1 Подужно покретна лежишта / Longitudinally movable bearings

Реакције лежишта за појединачна оптерећења

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	minR3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	minR3 [kN]
		Gk1			Gk2 (+30%)			anvelopa $\alpha \cdot \Phi_3 \cdot Q_{k1}$					
C1 Лева десна конструкција	1	*	0	258	*	0	126	*	0	474	*	0	-103
	2	*	*	263	*	*	259	*	*	391	*	*	-140
C1 Средња конструкција	1	*	*	87	*	*	163	*	*	388	*	*	-80
	2	*	0	212	*	0	178	*	0	452	*	0	-131
C4 Лева десна конструкција	13	*	0	258	*	0	176	*	0	593	0	0	-120
	14	*	*	263	*	*	290	*	*	367	0	*	-66
C4 Средња конструкција	11	*	*	212	*	*	178	*	*	452	0	*	-131
	12	*	0	187	*	0	163	*	0	389	0	0	-79

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
		anvelopa α·0.6·Qlak			anvelopa α·Q_{sk}			q_{fk}			Fwx,train		
C1 Лева десна конструкција	1	*	1	14	*	119	5	*	0	-9	*	29	16
	2	*	*	11	*	*	5	*	*	26	*	*	19
C1 Средња конструкција	1	*	*	12	*	*	3				*	*	22
	2	*	1	13	*	121	3				*	29	25
C4 Лева десна конструкција	13	*	3	17	*	119	6	*		-12	*	36	22
	14	*	*	11	*	*	5	*	*	27	*	*	20
C4 Средња конструкција	11	*	*	15	*	*	3				*	*	25
	12	*	1	14	*	121	3				*	28	22

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	maxR3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	minR3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
		анвелопа Ad			анвелопа Ad			A_{Ed}		
C1 Лева десна конструкција	1	*	0	1249	*	0	-203	*	237	124
	2	*	*	1254	*	*	-216	*	*	127
C1 Средња конструкција	1	*	*	1521	*	*	-373	*	*	118
	2	*	0	1683	*	0	-330	*	237	93
C4 Лева десна конструкција	13	*	0	1581			-185	*	237	124
	14	*	*	1274		*	-207	*	*	127
C4 Средња конструкција	11	*	*	1685		*	-335	*	*	93
	12	*	0	1527			-375	*	237	118

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
		Gk2 (-30%)		
C1 Лева десна конструкција	1	*	0	56
	2	*	*	204
C1 Средња конструкција	1	*	*	96
	2	*	0	105
C4 Лева десна конструкција	13	*	0	80
	14	*	*	225
C4 Средња конструкција	11	*	*	105
	12	*	0	97

Реакције и померања лежишта за наведене комбинације оптерећења

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]
		ULS ком. / com. 1.1 **maxR3**				
C1 Лева десна конструкција	1	*	207	1251	20	2
	2	*	*	1347	20	2
C1 Средња конструкција	1	*	*	947	20	2
	2	*	210	1233	20	2
C4 Лева десна конструкција	13	*	217	1504	20	2
	14	*	*	1357	20	2
C4 Средња конструкција	11	*	*	1236	20	2
	12	*	208	1086	20	2

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]
		ULS ком. / com. 1.1 **minR3**				
C1 Лева десна конструкција	1	*	-120	112	-16	-1
	2	*	*	223	-16	-1
C1 Средња конструкција	1	*	*	23	-16	-1
	2	*	-122	78	-16	-1
C4 Лева десна конструкција	13	*	-131	96	-16	-1
	14	*	*	350	-16	-1
C4 Средња конструкција	11	*	*	75	-16	-1
	12	*	-121	122	-16	-1

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]
		SLS ком. / com. 2.1 ***maxR3***				
C1 Лева десна конструкција	1	*	142	889	20	2
	2	*	*	964	20	2
C1 Средња конструкција	1	*	*	670	20	2
	2	*		877	20	2
C4 Лева десна конструкција	13	*	149	1067	20	2
	14	*	*	973	20	2
C4 Средња конструкција	11	*	*	879	20	2
	12	*	143	773	20	2

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]
		SLS ком. / com. 2.1 ***minR3***				
C1 Лева десна конструкција	1	*	-82	175	-16	-1
	2	*	*	299	-16	-1
C1 Средња конструкција	1	*	*	73	-16	-1
	2	*	-83	153	-16	-1
C4 Лева десна конструкција	13	*	-90	172	-16	-1
	14	*	*	394	-16	-1
C4 Средња конструкција	11	*	*	151	-16	-1
	12	*	-83	173	-16	-1

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]
		Seismic ком. / com. 1.2 **maxR3**				
C1 Лева десна конструкција	1	*	237	508	43	1
	2	*	*	649	43	1
C1 Средња конструкција	1	*	*	368	43	1
	2	*	237	483	43	1
C4 Лева десна конструкција	13	*	237	558	43	1
	14	*	*	680	43	1
C4 Средња конструкција	11	*	*	483	43	1
	12	*	237	468	43	1

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]
		Seismic ком. / com. 1.2 **minR3**				
C1 Лева десна конструкција	1	*	-237	190	-43	0
	2	*	*	340	-43	0
C1 Средња конструкција	1	*	*	65	-43	0
	2	*	-237	224	-43	0
C4 Лева десна конструкција	13	*	-237	214	-43	0
	14	*	*	361	-43	0
C4 Средња конструкција	11	*	*	224	-43	0
	12	*	***-237***	***166***	***-43***	0

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]
		Accidental ком. / com. 1.3 **maxR3**				
C1 Лева десна конструкција	1	*	0	1633	7	4
	2	*	*	1776	7	4
C1 Средња конструкција	1	*	*	1771	7	4
	2	*	0	2073	7	4
C4 Лева десна конструкција	13	*	0	2015	7	4
	14	*	*	1827	7	4
C4 Средња конструкција	11	*	*	**2075**	7	4
	12	*	0	1877	7	4

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]
		Accidental ком. / com. 1.3 **minR3**				
C1 Лева десна конструкција	1	*	0	111	1	-1
	2	*	*	251	1	-1
C1 Средња конструкција	1	*	*	***-190***	1	-1
	2	*	0	-13	1	-1
C4 Лева десна конструкција	13	*	0	153	1	-1
	14	*	*	281	1	-1
C4 Средња конструкција	11	*	*	-18	1	-1
	12	*	0	-91	1	-1

9.2.2 Подужно непокретна лежишта / Fixed bearings

Реакције лежишта за појединачна оптерећења

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
		Gk1			Gk2 (+30%)			Gk2 (-30%)		
C2 Лева десна конструкција	3	0	0	231	0	0	155	0	0	68
	4	0	0	403	0	0	286	0	0	158
	5	0	*	361	0	*	324	0	*	203
	6	0	*	411	0	*	385	0	*	269
	7	0	*	346	0	*	448	0	*	383
C2 Средња конструкција	3	0	*	238	0	*	214	0	*	127
	4	0	*	436	0	*	322	0	*	193
	5	0	0	280	0	0	260	0	0	157
	6	0	0	558	0	0	489	0	0	291
C3 Лева десна конструкција	8	0	0	261	0	0	179	0	0	67
	9	0	0	442	0	0	343	0	0	204
	10	0	*	378	0	*	346	0	*	222
	11	0	*	439	0	*	408	0	*	295
	12	0	*	342	0	*	410	0	*	346
C3 Средња конструкција	7	0	*	249	0	*	244	0	*	145
	8	0	*	444	0	*	336	0	*	202
	9	0	0	283	0	0	266	0	0	161
	10	0	0	536	0	0	440	0	0	261

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	minR3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	minR3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
		anvelopa $\alpha \cdot \Phi_3 \cdot Q_{k1}$						anvelopa $\alpha \cdot 0.6 \cdot Qlak$		
C2 Лева десна конструкција	3	10	0	381	-10	0	-19	40	1	9
	4	10	0	668	-10	0	-23	122	-1	12
	5	10	*	633	-10	*	-25	143	*	21
	6	10	*	552	-10	*	-35	78	*	12
	7	10	*	249	-10	*	-43	23	*	6
C2 Средња конструкција	3	12	*	369	-12	*	-15	50	*	6
	4	12	*	661	-12	*	-18	121	*	10
	5	12	0	580	-12	0	-10	151	-1	13
	6	12	0	911	-12	0	-66	104	1	12
C3 Лева десна конструкција	8	10	0	497	-10	0	-31	46	3	10
	9	10	0	693	-10	0	-21	132	1	10
	10	10	*	646	-10	*	-16	154	*	22
	11	10	*	509	-10	*	-11	86	*	13
	12	10	*	227	-10	*	-13	29	*	6
C3 Средња конструкција	7	12	*	437	-12	*	-39	48	*	7
	8	12	*	699	-12	*	-26	123	*	11
	9	12	0	586	-12	0	-16	151	1	13
	10	12	0	798	-12	0	-29	104	1	10

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
		anvelopa $\alpha \cdot Q_{sk}$			q_{fk}			Fwx,train		
C2 Лева десна конструкција	3	59	52	7	0	0	-12	36	45	24
	4	22	112	9	0	*	-7	7	45	32
	5	24	*	3	0	*	4	0	*	5
	6	19	*	6	0	*	21	13	*	29
	7	59	*	8	0	*	60	31	*	34
C2 Средња конструкција	3	48	*	4				7	*	31
	4	19	*	5				10	*	41
	5	17	105	3				1	42	2
	6	65	81	0				15	42	76
C3 Лева десна конструкција	8	47	44	9	0	0	-20	1	48	34
	9	21	115	10	0	*	-2	12	48	29
	10	27	*	7	0	*	7	8	*	3
	11	22	*	7	0	*	27	11	*	36
	12	37	*	6	0	*	53	8	*	27
C3 Средња конструкција	7	76	*	6				31	*	43
	8	17	*	5				10	*	34
	9	31	120	3				1	42	13
	10	81	65	8				40	42	62

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	maxR3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	minR3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
		анвелопа Ad			анвелопа Ad			To			A_{Ed}		
C2 Лева десна конструкција	3	0	0	1530	0	0	-334	141	25	0	252	473	237
	4	0	0	1323	0	0	-48	141	25	0	252	473	213
	5	0	*	906	0	*	-51	141	*	0	252	*	201
	6	0	*	1235	0	*	-67	141	*	0	252	*	213
	7	0	*	1476	0	*	-604	141	*	0	252	*	166
C2 Средња конструкција	3	0	*	1932	0	*	-566	172	*	0	252	*	154
	4	0	*	1317	0	*	-158	172	*	0	252	*	202
	5	0	0	1116	0	0	-684	172	20	0	252	473	249
	6	0	0	3721	0	0	-1035	172	20	0	252	473	167
C3 Лева десна конструкција	8	0	0	1848	0	0	-404	141	25	0	251	473	234
	9	0	0	1294	0	0	-38	141	25	0	252	473	216
	10	0	*	987	0	*	-32	141	*	0	252	*	218
	11	0	*	1423	0	*	-221	141	*	0	252	*	221
	12	0	*	1211	0	*	-477	141	*	0	252	*	149
C3 Средња конструкција	7	0	*	2299	0	*	-811	172	*	0	252	*	144
	8	0	*	1235	0	*	-132	172	*	0	252	*	199
	9	0	0	921	0	0	-374	172	20	0	252	473	248
	10	0	0	3285	0	0	-789	172	20	0	252	473	188

Реакције лежишта за наведене комбинације оптерећења

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	yr [10^{-3}rad]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	yr [10^{-3}rad]
		ULS ком. / com. 1.1 **maxR3**				*ULS ком. / com. 1.1* **minR3**			
C2 Лева десна конструкција	3	199	*127*	*1124*	*3*	-156	-140	212	*-1*
	4	231	*	1965	3	-215	*	459	-1
	5	257	*	1888	3	-239	*	490	-1
	6	170	*	1959	3	-156	*	575	-1
	7	168	*	1564	3	-126	*	614	-1
C2 Средња конструкција	3	167	*	1195	3	-133	*	297	-1
	4	232	*	2050	3	-218	*	539	-1
	5	262	*	1595	3	-250	*	399	-1
	6	*279*	*166*	*2837*	*3*	-232	-154	650	*-1*
C3 Лева десна конструкција	8	150	122	1380	3	*-116*	*-144*	*200*	*-1*
	9	250	*	2126	3	-235	*	559	-1
	10	286	*	1968	3	-266	*	536	-1
	11	183	*	1983	3	-168	*	654	-1
	12	119	*	1456	3	-92	*	626	-1
C3 Средња конструкција	7	232	*	1366	3	-177	*	275	-1
	8	232	*	2128	3	-219	*	550	-1
	9	282	*	1629	3	-260	*	385	-1
	10	331	143	2571	3	-272	-142	665	-1

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	yr [10^{-3}rad]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	yr [10^{-3}rad]
		SLS ком. / com. 2.1 **maxR3**				*SLS ком. / com. 2.1* **minR3**			
C2 Лева десна конструкција	3	136	87	801	*3*	-107	-95	240	*-1*
	4	159	*	1402	3	-148	*	492	-1
	5	177	*	1349	3	-165	*	513	-1
	6	117	*	1405	3	-107	*	608	-1
	7	115	*	1131	3	-86	*	651	-1
C2 Средња конструкција	3	115	*	854	3	-91	*	319	-1
	4	160	*	1465	3	-150	*	568	-1
	5	181	*	1138	3	-172	*	411	-1
	6	*192*	*114*	*2027*	*3*	-160	-104	714	-1
C3 Лева десна конструкција	8	104	83	982	3	*-80*	*-97*	*241*	*-1*
	9	172	*	1520	3	-162	*	587	-1
	10	197	*	1407	3	-184	*	556	-1
	11	126	*	1425	3	-115	*	680	-1
	12	82	*	1054	3	-64	*	646	-1
C3 Средња конструкција	7	159	*	975	3	-121	*	313	-1
	8	160	*	1521	3	-151	*	581	-1
	9	195	*	1161	3	-179	*	404	-1
	10	227	98	1839	3	-187	-96	708	-1

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	yr [10^{-3}rad]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	yr [10^{-3}rad]
		Seismic ком. / com. 1.2 **maxR3**				*Seismic ком. / com. 1.2* **minR3**			
C2 Лева десна конструкција	3	323	486	623	2	-323	-496	62	1
	4	323	486	902	2	-323	-496	348	1
	5	323	*	886	2	-323	*	363	1
	6	323	*	1009	2	-323	*	467	1
	7	323	*	960	2	-323	*	563	1
C2 Средња конструкција	3	338	*	606	2	-338	*	211	1
	4	338	*	960	2	-338	*	427	1
	5	338	483	789	2	-338	-496	188	1
	6	338	483	1214	2	-338	-493	682	1
C3 Лева десна конструкција	8	322	486	674	2	***-322***	***-496***	***94***	1
	9	323	486	1001	2	-323	-496	430	1
	10	323	*	942	2	-323	*	382	1
	11	323	*	1068	2	-323	*	513	1
	12	323	*	901	2	-323	*	539	1
C3 Средња конструкција	7	338	*	637	2	-338	*	250	1
	8	338	*	979	2	-338	*	447	1
	9	338	483	797	2	-338	-493	196	1
	10	338	483	1164	2	-338	-493	609	1

	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	yr [10^{-3}rad]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	yr [10^{-3}rad]
		Acciden. ком. / com. 1.3 **maxR3**				*Acciden. ком. / com. 1.3* **minR3**			
C2 Лева десна конструкција	3	0	0	1916	6	0	0	-35	-2
	4	0	*	2012	6	0	*	513	-2
	5	0	*	1591	6	0	*	513	-2
	6	0	*	2031	6	0	*	613	-2
	7	0	*	2270	6	0	*	125	-2
C2 Средња конструкција	3	0	*	2384	6	0	*	-201	-2
	4	0	*	2075	6	0	*	471	-2
	5	0	*	1656	6	0	*	-247	-2
	6	0	0	**4768**	***6***	0	0	-186	-2
C3 Лева десна конструкција	8	0	0	2288	6	0	0	-76	-2
	9	0	*	2079	6	0	*	608	-2
	10	0	*	1711	6	0	*	568	-2
	11	0	*	2270	6	0	*	513	-2
	12	0	*	1963	6	0	*	211	-2
C3 Средња конструкција	7	0	*	2792	6	0	*	**-417**	-2
	8	0	*	2015	6	0	*	514	-2
	9	0	*	1470	6	0	*	70	-2
	10	0	0	4261	6	0	0	8	-2

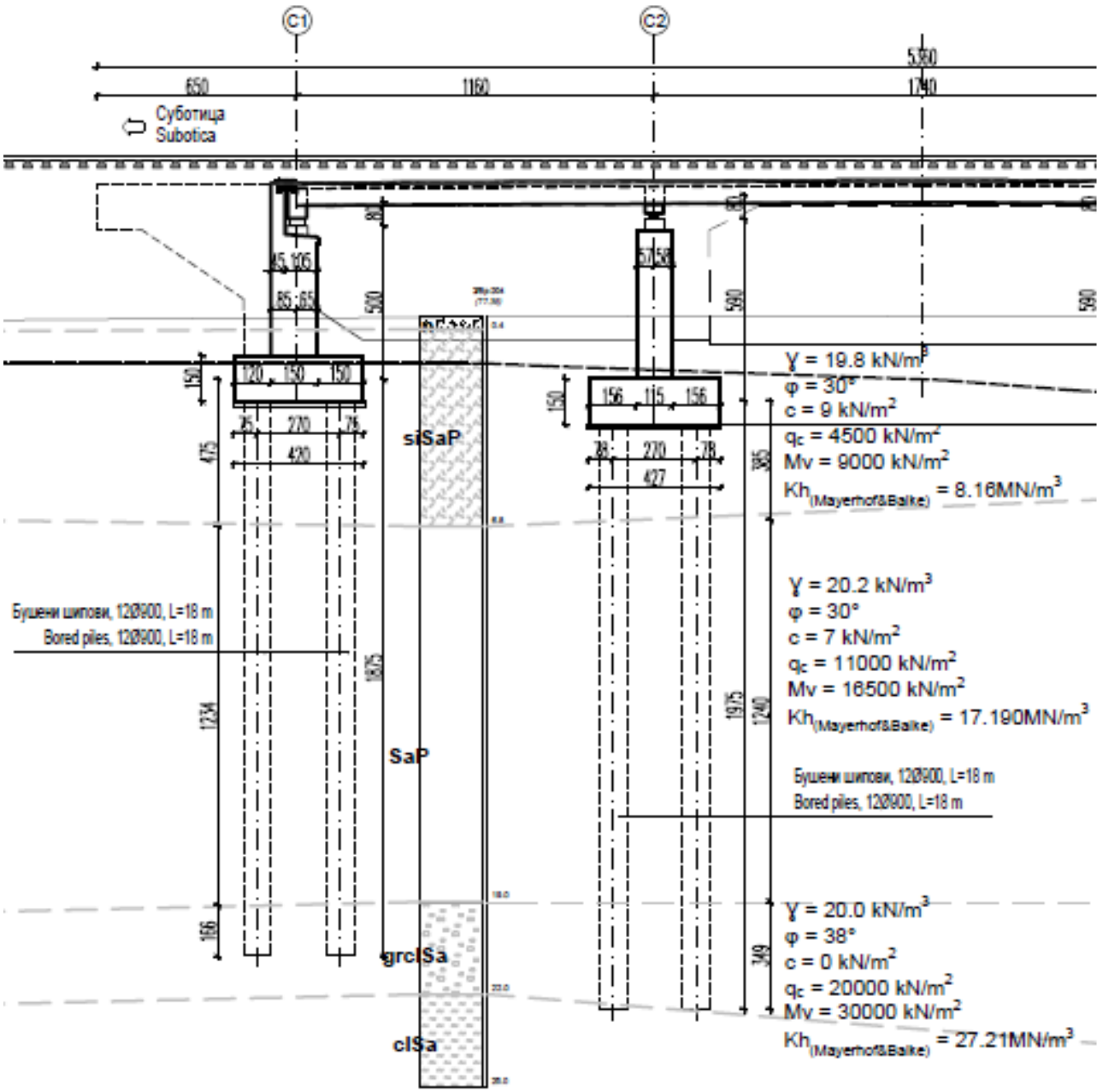
10 ДОЊИ СТРОЈ МОСТА / SUBSTRUCTURE

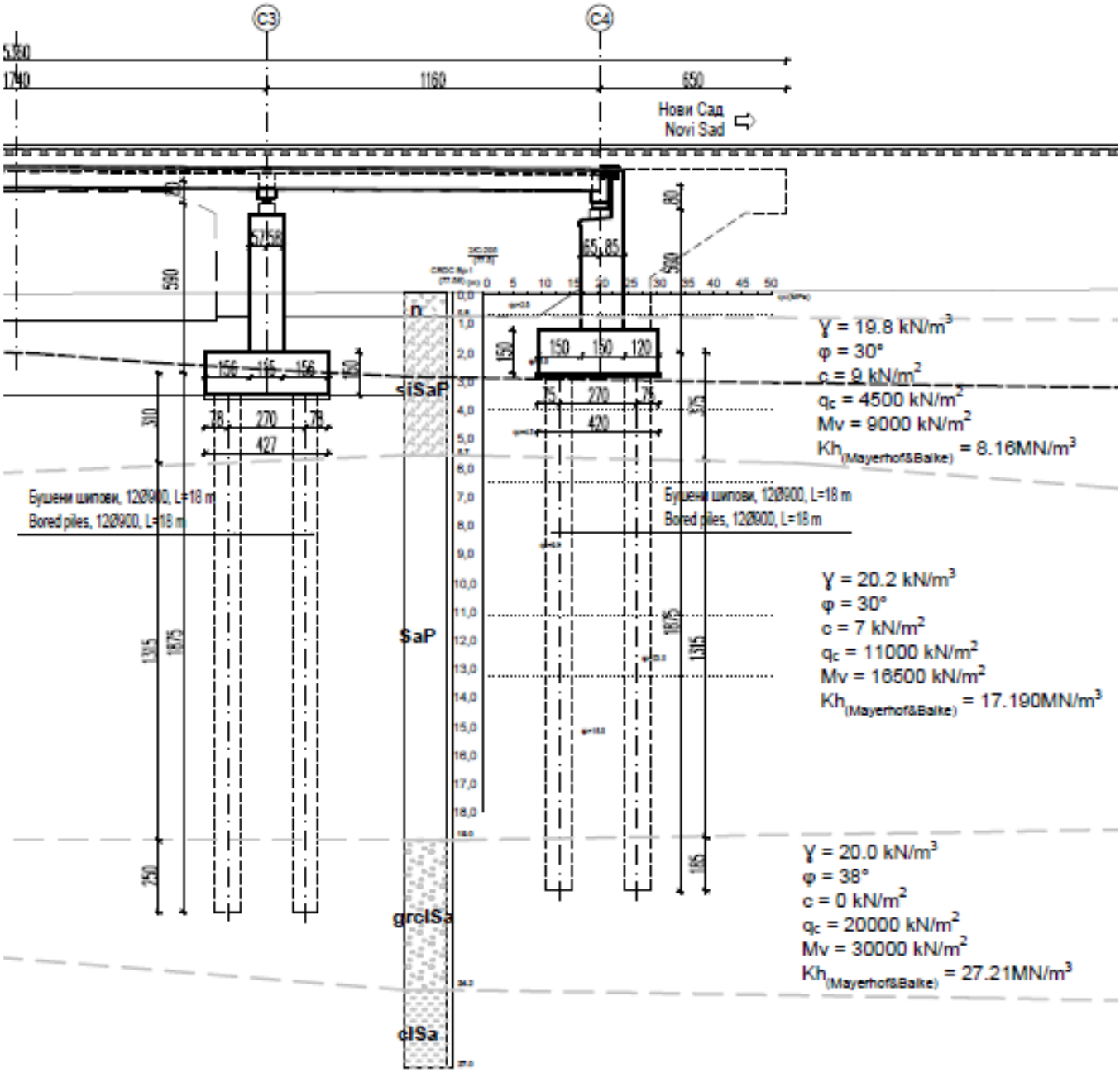
Стубови конструкције су преко армиранобетонских наглавних греда, висине 1.5m, фундирани на два реда бушених шипова Ø900.

The bridge abutments and piers are founded on piles Ø900, which are arranged in two rows, and connected with 1.5 m high pile cap beam.

Прорачун статичких утицаја у елементима доњег строја спроведен је у просторном прорачунском моделу. Реактивни отпор тла моделиран је према подацима о параметрима тла из Геотехничког елабората, Прилог 1.

The structural analysis of a substructure was carried out in the FE model. Reactive soil resistance was modeled according to the data on soil parameters from the Geotechnical Study, Annex 1.





Коефицијенти хоризонталне реакције тла дуж шипова, као и коефицијенти вертикалне реакције одређени су према подацима из Геотехничког елабората, Прилог 1.

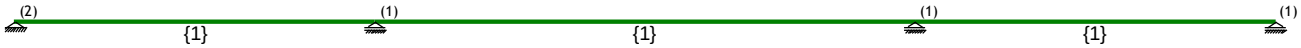
The coefficients of the horizontal reaction of the soil along the piles, as well as the coefficients of the vertical reaction were determined according to the data from the Geotechnical Study, Annex 1.

У прорачунском моделу коришћене су вредности коефицијаната хоризонталне крутости тла одређене по методи “Meyerhof and Bike” и приказани су у поглављу 1.4.3. Како би се задовољио услов ограничења подужног померања конструкције услед сила кочења односно покретања усвојен је статички систем са непокретним лежиштима на средњим стубовима, који су закошени у односу на подужну осу моста за 60° чиме је подужна крутост систем знатно увећана. Периоди осциловања кострукције у подужном и попречном правцу се налазе на заравњеном делу спектралне криве, те је пројектно сеизмичко оптерећење максималног интезитета.

Вертикалне крутости ослонаца у нивоу базе шипа одређене су на основу граничне носивости шипа и рачунских вредности слегања.

R_3=8297kN/2.56cm=3.24·10^{5}kN/m

Анализа статичких утицаја у елементима доњег строја спроведена је само са шемом вертикалног саобраћајног оптерећења LM71. Анализа спроведена у линијском моделу средње конструкције показала је да се max/min вертикалне реакције у ослонцима јављају управо за ову шему оптерећења.



Табела материјала

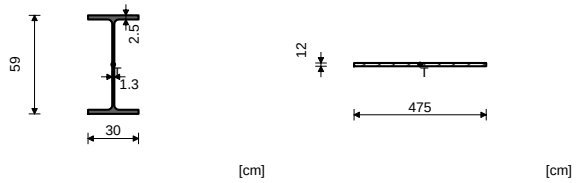
No	Назив материјала	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]	αt[1/C]	Em[kN/m2]	μm
1	Celik	2.100e+8	0.30	78.50	1.000e-5	2.100e+8	0.30

Сетови греда

Сет: 1 Пресек: Вишеделни, Фиктивна ексцентричност

	Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
	1 - Celik	7.508e-1	5.492e-1	5.816e-1	2.724e-3	1.414e+0	1.198e-2

No	Пресек	Δ3 [cm]	Δ2 [cm]	α	Мат.
1	IPBl 600	30.00	0.00	0.00	1
2	IPBl 600	-30.00	0.00	0.00	1
3	IPBl 600	90.00	0.00	0.00	1
4	IPBl 600	-90.00	0.00	0.00	1
5	IPBl 600	150.00	0.00	0.00	1
6	IPBl 600	-150.00	0.00	0.00	1
7	IPBl 600	210.00	0.00	0.00	1
8	IPBl 600	-210.00	0.00	0.00	1
9	b/d=475/12	0.00	0.00	0.00	1

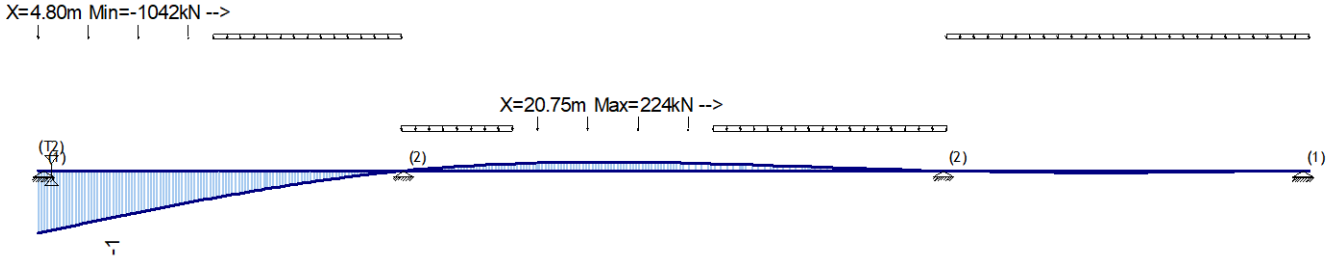


IPBl 600 b/d=475/12

Сетови тачкастих ослонаца

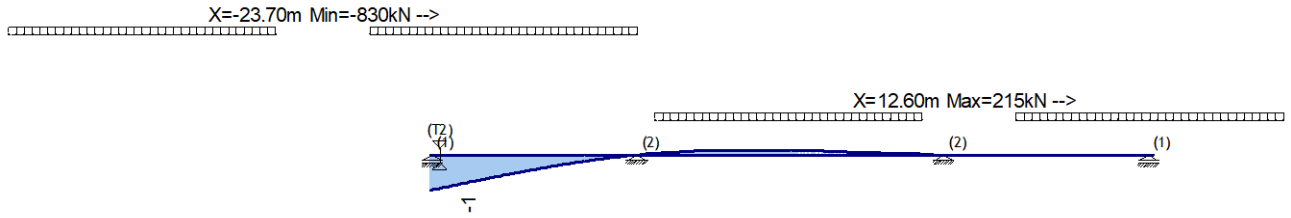
	K,R1	K,R2	K,R3	K,M1	K,M2	K,M3
1		1.000e+10	1.000e+10			
2	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10			

Опт. 20: Утицајна линија (T2)



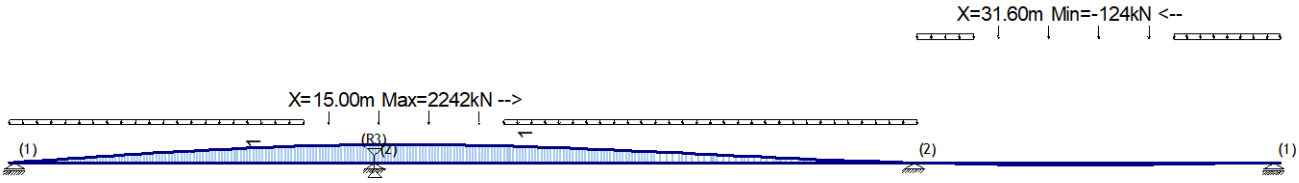
Утицаји у греди: Утицајна линија (T2) kN/kN

Опт. 20: Утицајна линија (T2)



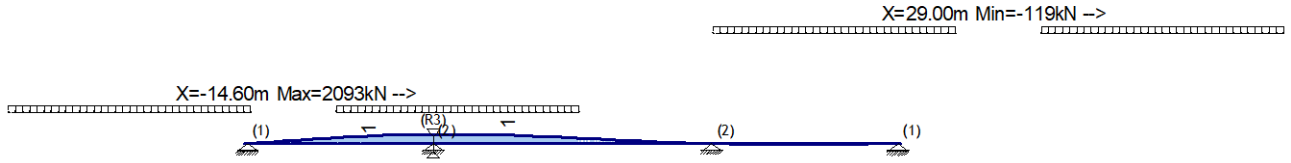
Утицаји у греди: Утицајна линија (T2) kN/kN

Опт. 1: Утицајна линија (R3)



Утицаји у греди: Утицајна линија (R3) kN/kN

Опт. 1: Утицајна линија (R3)



Утицаји у греди: Утицајна линија (R3) kN/kN

Шема оптерећења	Обални стуб		Средњи стуб	
	maxR3	minR3	maxR3	minR3
LM71	1042	-224	2242	-124
SW/0	830	-215	2093	-119

10.1 ОПТЕРЕЋЕЊА И МЕРОДАВНЕ КОМБИНАЦИЈЕ

Load cases list

No	Name
1	sopstvena tezina (g)
2	stalnii teret
3	Eah
4	E0
5	axLM71+axQsk+dEd,Qvk I ko losek
6	axLM71+axQsk+ +dEd,Qvk II kolosek
7	axLM71+axQsk+dEd,Qvk III kolosek
8	axLM71+axQsk+dEd,Qvk I+ +II kolosek
9	axLM71+axQsk+dEd,Qvk I+ +III kolosek
10	axLM71+axQsk+dEd,Qvk II+ +III kolosek
11	axLM71+axQsk+ +dEd,Qvk 0.75(I+II+III)kol
12	axQlak I kolosek
13	axQlak II kolosek
14	axQlak III kolosek
15	axQlak I+II kolosek
16	axQlak I+III kolosek
17	axQlak II+III kolosek
18	axQlak 0.75(I+II+III) kolosek
19	Fw
20	S
21	To -27
22	(AEd+Ed) X правац
23	(AEd+Ed) Y правац
24	Fd
25	QAd1 I kolosek
26	QAd2 I kolosek

Меродавне комбинације оптерећења за контролу граничних стања носивости

LC	Комбинација
27	Comb.: G+S+1.5Eah+1.45(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+Qlak) I kolosek (I+II+1.5xIII++1.45xV+1.45xXII+XX)
28	Comb.: G+S+1.5Eah+1.125Fw+1.2Tk+1.45(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+Qlak) I kolosek (I+II+1.5xIII+1.45xV+1.45xXII+1.13xXIX+XX+1.2xXXI)
29	Comb.: 1.35G+1.5Eah+1.45(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+ Qlak) I kolosek (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+1.45xV+1.45xXII+XX)
30	Comb.: 1.35G+1.5Eah+1.125Fw+1.2Tk+1.45(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+Qla k) I kolosek (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+1.45xV+1.45xXII+1.13xXIX+XX+1.2xXXI)
31	Comb.: G+1.5Eah+1.45(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+ Qlak) II kolosek (I+II+1.5xIII+1.45xVI+1.45xXIII+XX)
32	Comb.: G+1.5Eah+1.125Fw+1.2Tk+1.45(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+Qlak) II kolosek (I+II+1.5xIII+1.45xVI+1.45xXIII+1.13xXIX+XX+1.2xXXI)
33	Comb.: 1.35G+1.5Eah+1.45(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+ Qlak) II kolosek (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+1.45xVI+1.45xXIII+XX)
34	Comb.: 1.35G+1.5Eah+1.125Fw+1.2Tk+1.45(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+Qla k) II kolosek (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+1.45xVI+1.45xXIII+1.13xXIX+XX+1.2xXXI)
35	Comb.: G+1.5Eah+1.45(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+ Qlak) III kolosek (I+ II+1.5xIII+1.45xVII+1.45xXIV+ XX)
36	Comb.: G+1.5Eah+1.125Fw+1.2Tk+1.45(Qv,1+0.5Qsk+ dEd,Qvk+Qlak) III kolosek (I+II+1.5xIII+1.45xVII+1.45xXIV+1.13xXIX+XX+1.2xXXI)
37	Comb.: 1.35G+1.5Eah+1.45(Qv,1+0.5Qsk+ dEd,Qvk+Qlak) III kolosek (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+1.45xVII+1.45xXIV+XX)
38	Comb.: 1.35G+1.5Eah+1.125Fw+1.2Tk+1.45(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+Qlak) III kolosek (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+1.45xVII+1.45xXIV+1.13xXIX+ XX+1.2xXXI)
39	Comb.: G+1.5Eah+1.45(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+Qlak) I+II kolosek (I+II+1.5xIII+1.45xVIII+1.45xXV+XX)
40	Comb.: G+1.5Eah+1.125Fw+1.2Tk+1.45(Qv,1+0.5Qsk+ dEd,Qvk+Qlak) I+II kolosek (I+II+1.5xIII+1.45xVII I+1.45xXV+1.13xXIX+XX+1.2xXXI)
41	Comb.: 1.35G+1.5Eah+1.45(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+ Qlak) I+II kolosek (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+1.45xVII I+1.45xXV+XX)
42	Comb.: 1.35G+1.5Eah+1.125Fw+1.2Tk+1.45(Qv,1+0.5Qsk+ dEd,Qvk+Qlak) I+II kolosek (1.35xI+1.35xII+1.5xII I+1.45xVIII+1.45xXV+1.13xXIX+XX+1.2xXXI)
43	Comb.: G+1.5Eah+1.45(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+Qlak) I+ III kolosek (I+ II+1.5xIII+1.45xIX+1.45xXVI+XX)
44	Comb.: G+1.5Eah+1.125Fw+1.2Tk+1.45(Qv,1+0.5Qsk+ dEd,Qvk+Qlak) I+III kolosek (I+II+1.5xIII+1.45xIX+1.45xXVI+1.13xXIX+XX+1.2xXXI)
45	Comb.: 1.35G+1.5Eah+1.45(Qv,1+0.5Qsk+ dEd,Qvk+Qlak) I+ III kolosek (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+1.45xIX+1.45xXVI+XX)
46	Comb.: 1.35G+1.5Eah+1.125Fw+1.2Tk+1.45(Qv,1+0.5Qsk+ dEd,Qvk+Qlak) I+III kolosek (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+1.45xIX+1.45xXVI+1.13xXIX+XX+1.2xXXI)
47	Comb.: G+1.5Eah+1.45(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+Qlak) II+ III kolosek (I+II+1.5xIII+1.45xX+1.45xXVII+XX)
48	Comb.: G+1.5Eah+1.125Fw+1.2Tk+1.45(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+Qlak) II+ III kolosek (I+II+1.5xIII+1.45xX+1.45xXVII+1.13xXIX+ XX+1.2xXXI)
49	Comb.: 1.35G+1.5Eah+1.45(Qv,1+0.5Qsk+ dEd,Qvk+Qlak) II+III kolosek (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+1.45xX+1.45xXVII+XX)
50	Comb.: 1.35G+1.5Eah+1.125Fw+1.2Tk+1.45(Qv,1+0.5Qsk+ dEd,Qvk+Qlak) II+III kolosek (1.35xI+1.35 xII+1.5xIII+1.45xX+1.45xXVII+1.13xXIX+XX+1.2xXXI)

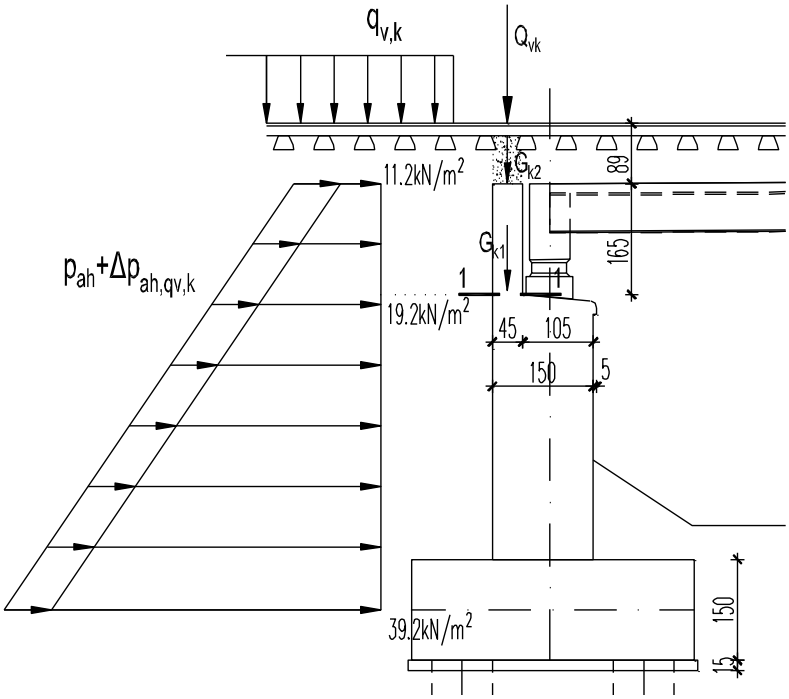
51	Comb.: G+1.5Eah+1.45(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+ Qlak) 0.75(I+ II+III) kolosek (I+ II+1.5xIII+1.45xXI+1.45xXVIII+XX)
52	Comb.: G+1.5Eah+1.125Fw+1.2Tk+1.45(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+Qlak) 0.75(I+II+III) kolosek (I+ II+1.5xIII+1.45xXI+1.45x XVIII+1.13xXIX+XX+1.2xXXI)
53	Comb.: 1.35G+1.5Eah+1.45(Qv,1+0.5Qsk+ dEd,Qvk+Qlak) 0.75(I+II+ III) kolosek (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+1.45xXI+1.45xXVIII+XX)
54	Comb.: 1.35G+1.5Eah+1.125Fw+1.2Tk+1.45(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+Qlak) 0.75(I+II+III) kolosek (1.35x I+1.35xII+1.5xIII+1.45xXI+1.45xXVIII+1.13xXIX+XX+1.2xXXI)

Меродавне комбинације оптерећења за контролу граничних стања употребљивости

LC	Комбинација
55	Comb.: G+Eah+(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+Qlak) I kolosek (I+II+III+V+XII+XX)
56	Comb.: G+Eah+0.75Fw+0.6Tk+(Qv,1+0.5Qsk+ dEd,Qvk+Qlak) I kolosek (I+II+III+V+XII+0.75xXIX+ XX+0.6xXXI)
57	Comb.: G+Eah+(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+Qlak) II kolosek (I+II+III+VI+XIII+XX)
58	Comb.: G+Eah+0.75Fw+0.6Tk+(Qv,1+0.5Qsk+ dEd,Qvk+Qlak) II kolosek (I+ II+III+VI+XIII+0.75xXIX+ XX+0.6xXXI)
59	Comb.: G+Eah+(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+Qlak) III kolosek (I+II+III+VII+XIV+XX)
60	Comb.: G+Eah+0.75Fw+0.6Tk+(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+ Qlak) III kolosek (I+ II+III+VII+XIV+0.75xXIX+XX+0.6xXXI)
61	Comb.: G+Eah+(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+Qlak) I+II kolosek (I+II+III+VIII+XV+XX)
62	Comb.: G+Eah+0.75Fw+0.6Tk+(Qv,1+0.5Qsk+ dEd,Qvk+Qlak) I+II kolosek (I+II+III+VIII+ XV+0.75xXIX+XX+0.6xXXI)
63	Comb.: G+Eah+(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+Qlak) I+II kolosek (I+II+III+IX+XVI+XX)
64	Comb.: G+Eah+0.75Fw+0.6Tk+(Qv,1+0.5Qsk+ dEd,Qvk+Qlak) I+III kolosek (I+II+III+ IX+XVI+0.75xXIX+XX+0.6xXXI)
65	Comb.: G+Eah+(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+Qlak) II+III kolosek (I+II+III+X+XVII+XX)
66	Comb.: G+Eah+0.75Fw+0.6Tk+(Qv,1+0.5Qsk+dEd,Qvk+ Qlak) II+III kolosek (I+II+ III+X+XVII+0.75xXIX+XX+0.6xXXI)
67	Comb.: G+Eah+(Qv,1+0.5Qsk+ dEd,Qvk+Qlak) 0.75(I+ II+III) kolosek (I+II+III+XI+ XVIII+XX)
68	Comb.: G+Eah+0.75Fw+0.6Tk+(Qv,1+0.5Qsk+ dEd,Qvk+Qlak) 0.75(I+II+ III) kolosek (I+II+III+XI+ XVIII+0.75xXIX+XX+0.6xXXI)

10.2 ОБАЛНИ СТУБОВИ / ABUTMENTS

10.2.1 Парапетни зид / Parapet wall



Анализа оптерећења / Actions

Стално оптерећење

$G_{k1}=0.45\cdot1\cdot1.65\cdot25=18.56kN/m$

Додатно стално оптерећење

$G_{k2}=0.45\cdot1\cdot0.89\cdot20=8kN/m$

Саобраћајно оптерећење

$Q_{vk}=1210/(6.4\cdot3.5)=54kN/m$

$M_{Qvk}=54\cdot0.2=11kNm/m$

Притисак тла

$E_{a,qv}=0.5\cdot(11.2+19.2)\cdot1.65=25kN/m$

$M_{Ea,qv}=0.5\cdot1.65\cdot25=21kNm/m$

$E_{a,Qv}=0.5\cdot(21+29)\cdot1.65=41kN/m$

$M_{Ea,Qv}=0.5\cdot1.65\cdot41=34kNm/m$

Утицаји у пресеку 1 – 1 / Internal forces in section 1 – 1

Komb 1

$N_{Ed}=18.56+8=26.56kN/m$

$V_{Ed}=1.5\cdot41=61.5kN/m$

$M_{Ed}=1.5\cdot34=51kNm/m$

Komb 2

$N_{Ed}=18.56+8+1.45\cdot54=104.86kN/m$

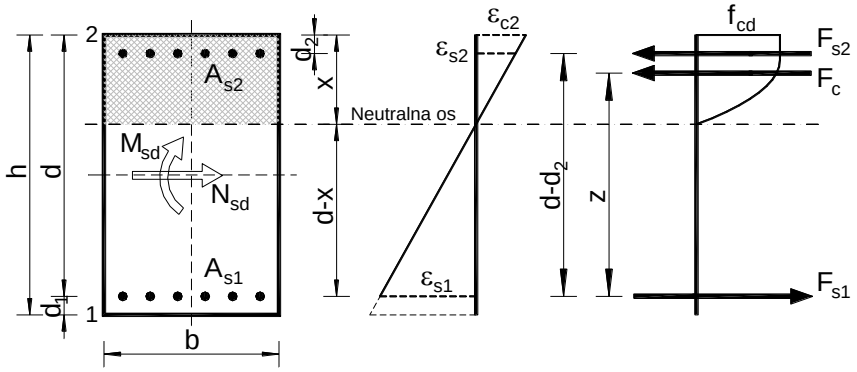
$V_{Ed}=1.5\cdot41=61.5kN/m$

$M_{Ed}=1.45\cdot11+1.5\cdot34=67kNm/m$

b	100.00	cm
h	45.00	cm
d_1 (d_2)	6.00	cm
d	39.00	cm
f_{cd}	1.98	kN/cm²
f_{yd}	43.48	kN/cm²
M_{sd}	51.00	kNm
N_{sd}	26.56	kN
ε_{s1}	10.00	‰
ε_{c2}	0.74	‰
M_{sds}	55.38	kNm
$M_{Rd,lim}$	479.31	kNm
μ_{sd}	0.018	
Jednostruko armiranje		
ω	1.892	%
ρ	0.070	%
ξ	0.069	
ζ	0.976	
A_{s1}	2.73	cm²
A_{s2}	0.00	cm²

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



x 2.68 cm

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d = 0.26 \cdot \frac{2.9}{500} \cdot 45 \cdot 100 = 6.79 cm^2/m$$

*Арматура зида **Ø20/20** (A=15.7cm²/m) довољна за пријем утицаја*

*Усваја се хоризонтална арматура ±**Ø14/15** (A=10.3cm²/m)*

КОНТРОЛА ПРЕСЕКА НА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.2)

сталне и пролазне прорачунске ситуације

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck}$$

$$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$$

C30/37 (MB 35)

γ_{Bd1}= 1

γ_c= 1.5

$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c= 0.12

h= 450 mm

a= 60 mm

d= 390 mm

b_w= 1000 mm

$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \le 2{,}0$ → k= 1.716

A_{sl}= 11.3 cm^2

$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \le 0{,}02$ → ρ_l= 0.0029

f_{ck}= 30 Mpa

k_1= 0.15

V_{Ed}= 62 kN

N_{Ed}= 27 kN

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$= 17 Mpa

$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c$= 0.06 Mpa

$\sigma_{cp} < 0.2 f_{cd}$= 3.40 Mpa

→ σ_{cp}< 0.06 Mpa

$V_{Rd,c}$= 194.52 kN

$v_{min} = 0{,}035\, k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ = 0.431

$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$ = 197.9 kN

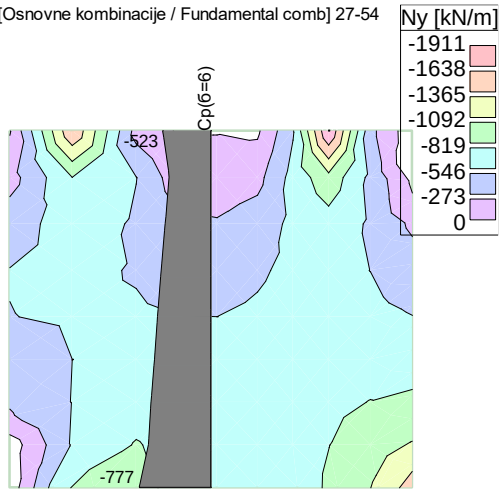
→$V_{Rd,c}$= 197.9 kN

→$V_{Rd,c}/\gamma_{Bd1}$= 197.9 kN

НИЈЕ ПОТРЕБНА ЈЕ ПРОРАЧУНСКА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

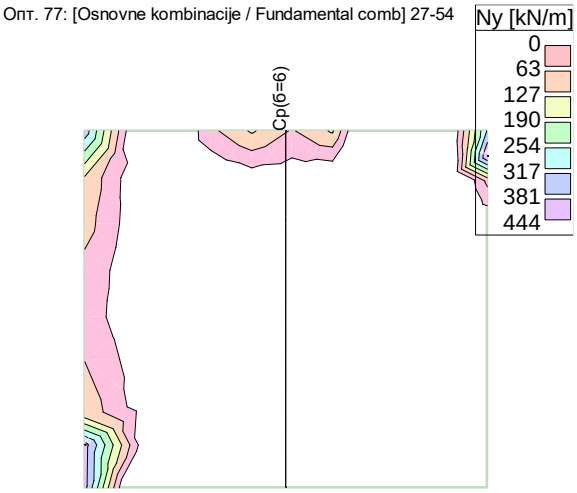
10.2.2 Статички утицаји у стубу и крилним зидовима / Internal forces and moments in abutment and wing wall

Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



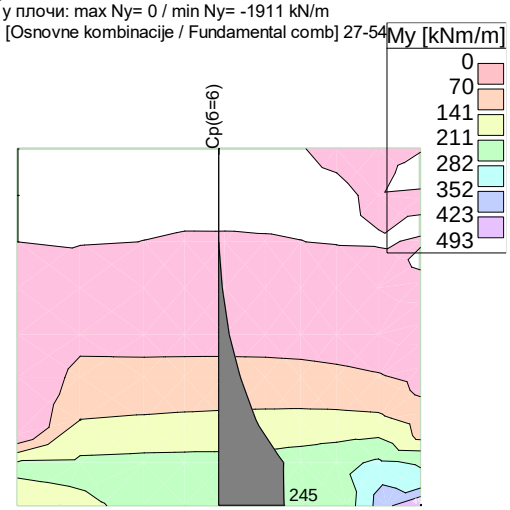
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Ny= 0 / min Ny= -1911 kN/m

Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



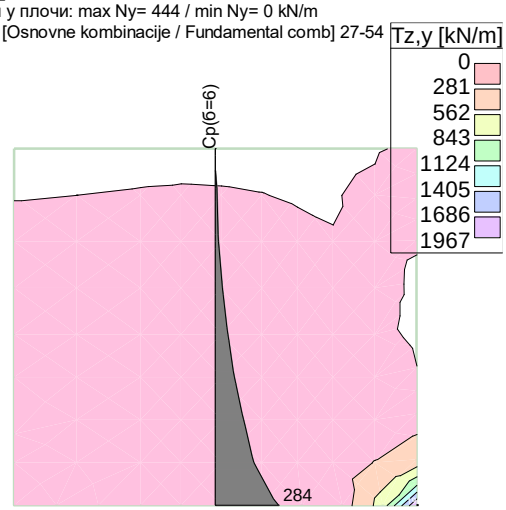
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Ny= 444 / min Ny= 0 kN/m

Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



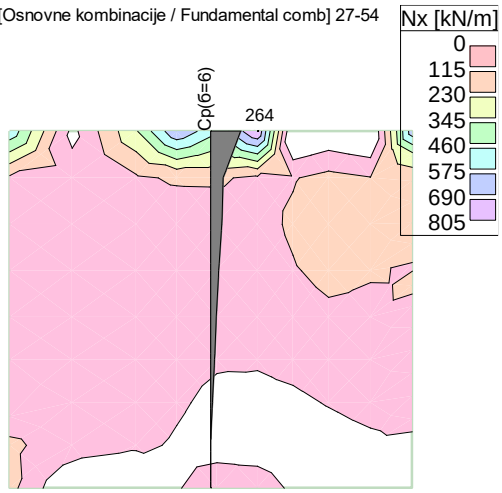
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max My= 493 / min My= 0 kNm/m

Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



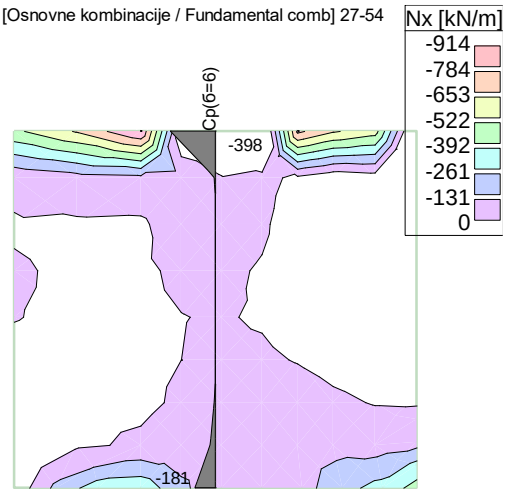
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Tz,y= 1967 / min Tz,y= 0 kN/m

Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



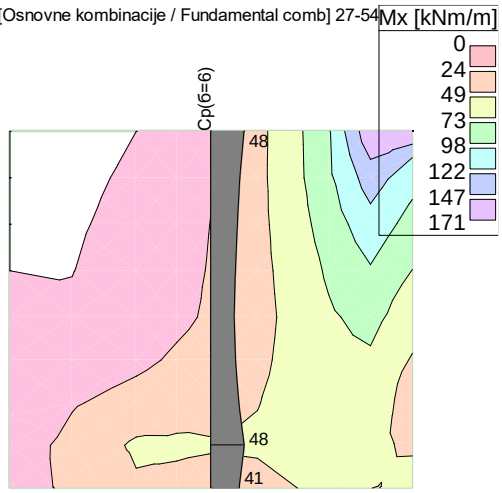
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Nx= 805 / min Nx= 0 kN/m

Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



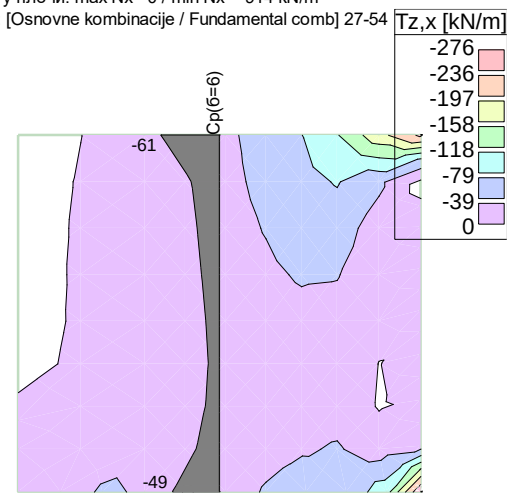
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Nx= 0 / min Nx= -914 kN/m

Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



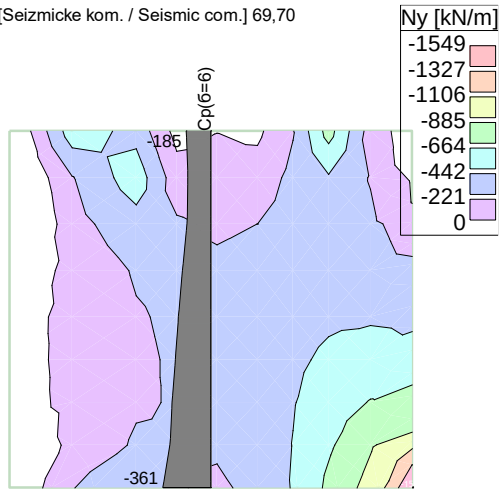
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Mx= 171 / min Mx= 0 kNm/m

Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



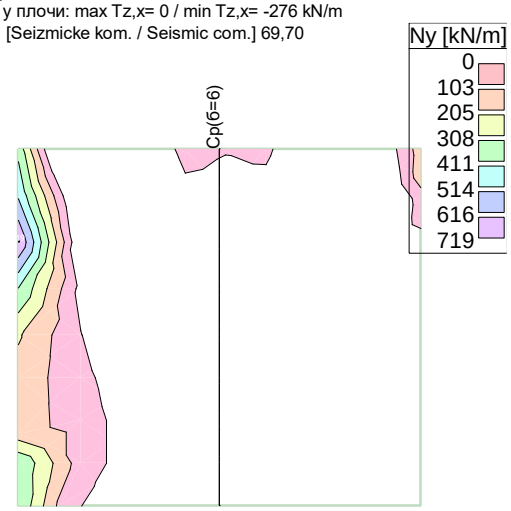
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Tz,x= 0 / min Tz,x= -276 kN/m

Опт. 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



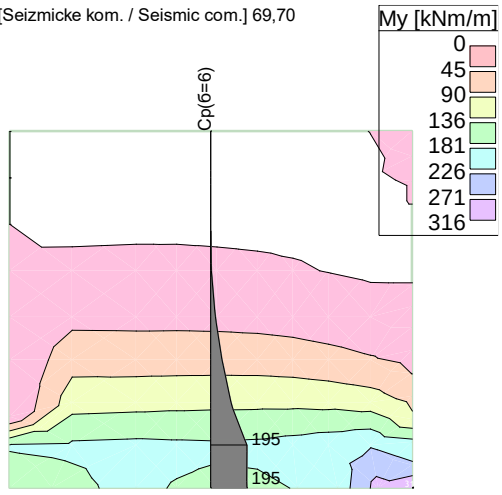
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Ny= 0 / min Ny= -1549 kN/m

Опт. 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70

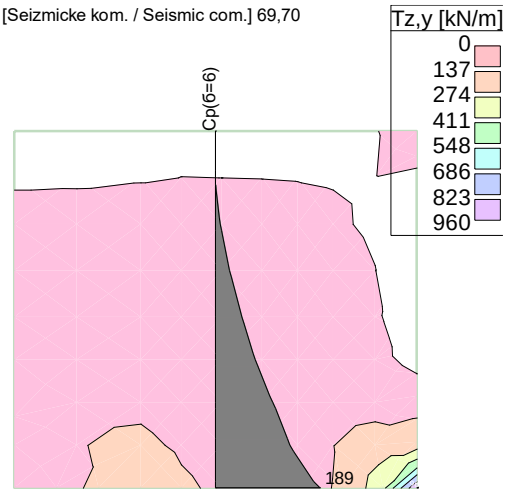


Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Ny= 719 / min Ny= 0 kN/m

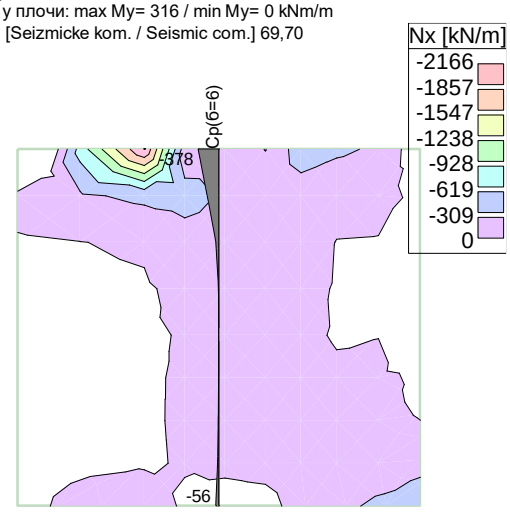
Опт. 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



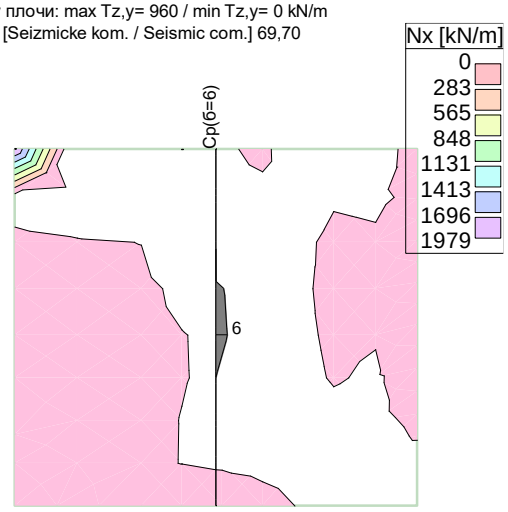
Опт. 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



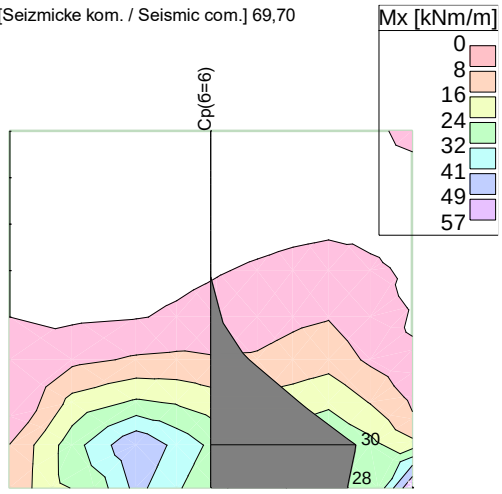
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max My= 316 / min My= 0 kNm/m
Опт. 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



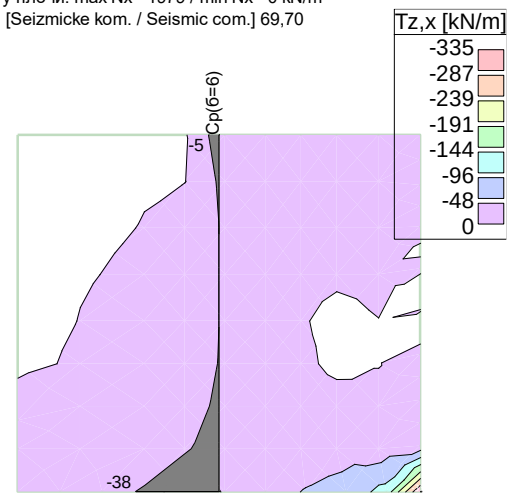
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Tz,y= 960 / min Tz,y= 0 kN/m
Опт. 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Nx= 0 / min Nx= -2166 kN/m
Опт. 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



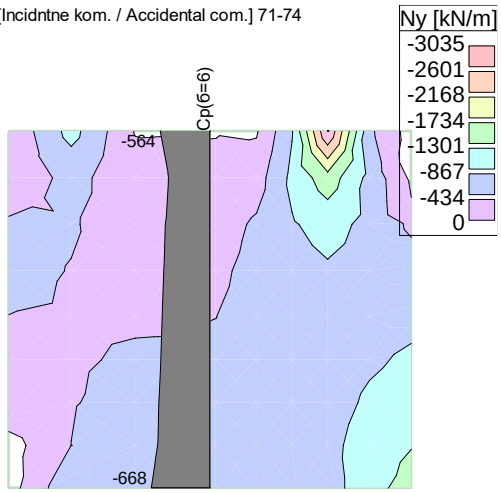
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Nx= 1979 / min Nx= 0 kN/m
Опт. 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



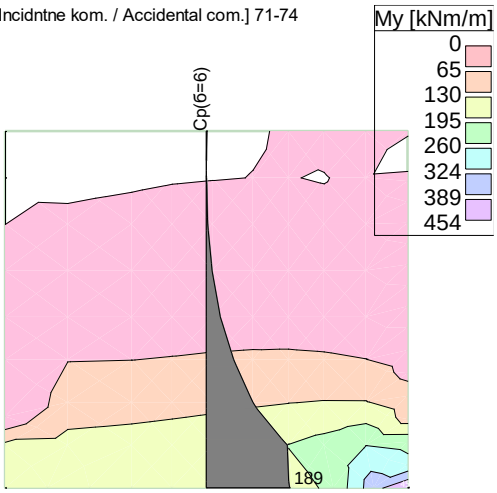
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Mx= 57 / min Mx= 0 kNm/m

Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Tz,x= 0 / min Tz,x= -335 kN/m

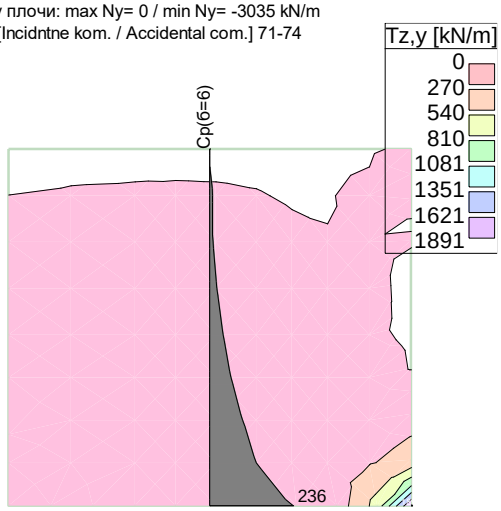
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



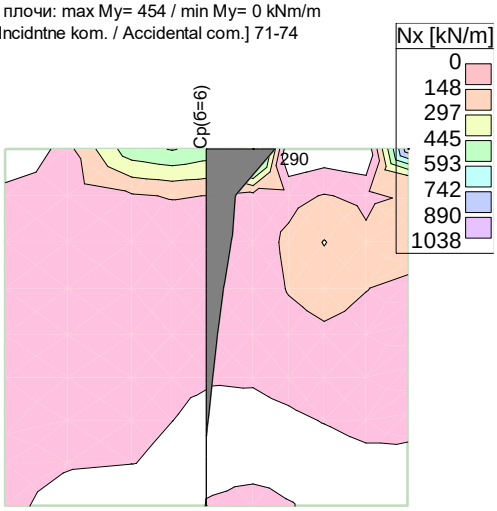
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



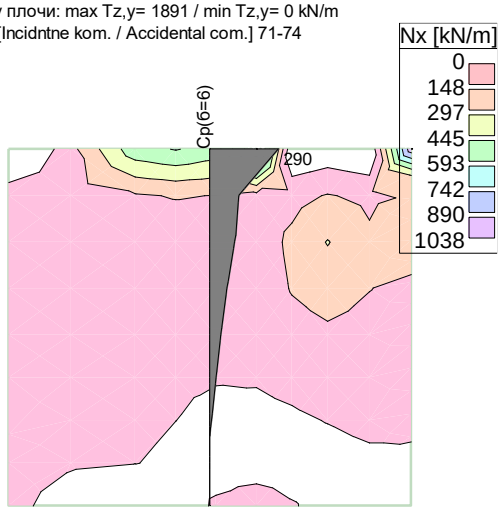
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Ny= 0 / min Ny= -3035 kN/m
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



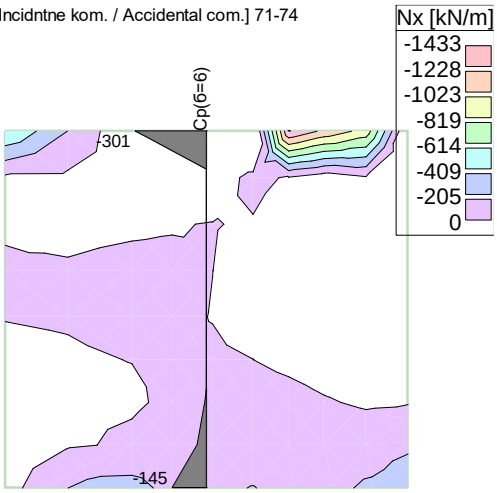
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max My= 454 / min My= 0 kNm/m
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Tz,y= 1891 / min Tz,y= 0 kN/m
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



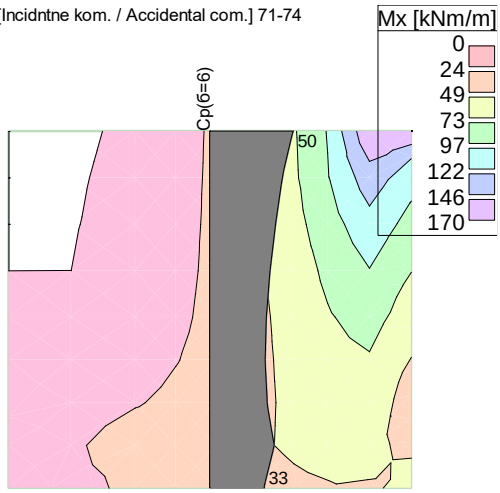
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Nx= 1038 / min Nx= 0 kN/m
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Nx= 1038 / min Nx= 0 kN/m

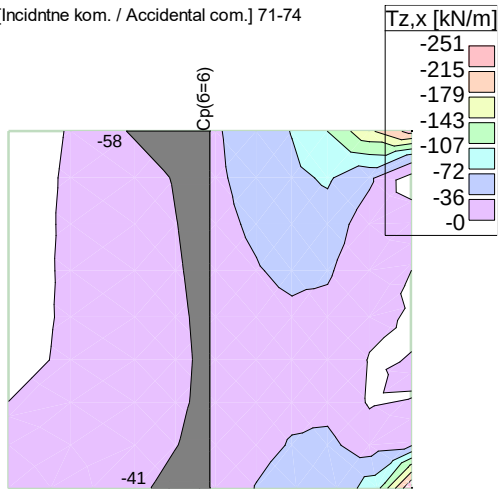
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Nx= 0 / min Nx= -1433 kN/m

Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74

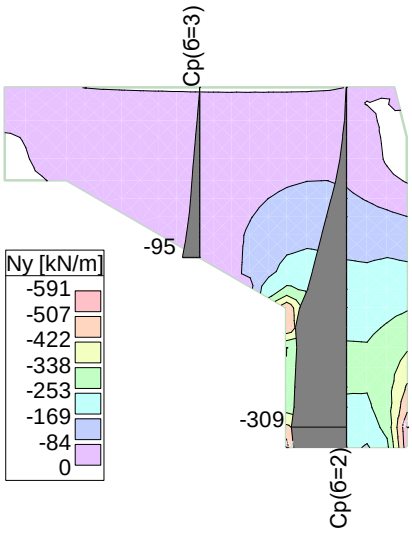


Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Mx= 170 / min Mx= 0 kNm/m
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54

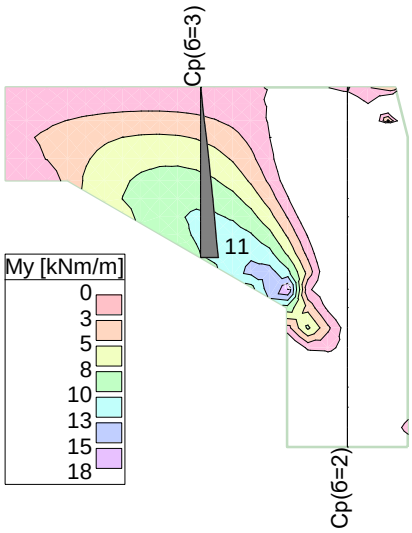
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



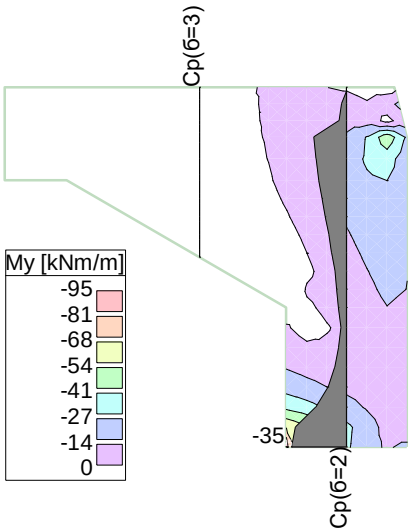
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Tz,x= 0 / min Tz,x= -251 kN/m
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



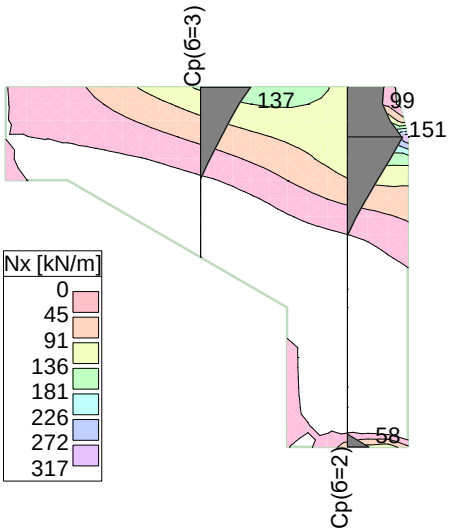
Рам: H_28
Утицаји у плочи: max Ny= 0 / min Ny= -591 kN/m
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



Рам: H_28
Утицаји у плочи: max My= 18 / min My= 0 kNm/m
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54

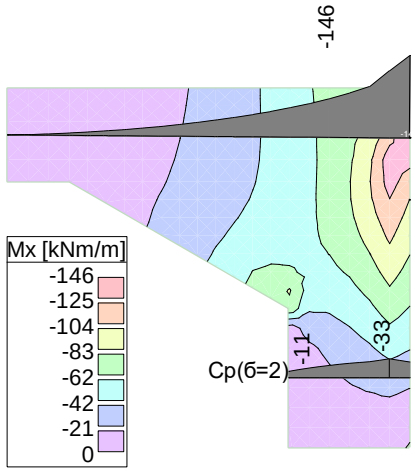


Рам: H_28
Утицаји у плочи: max My= 0 / min My= -95 kNm/m



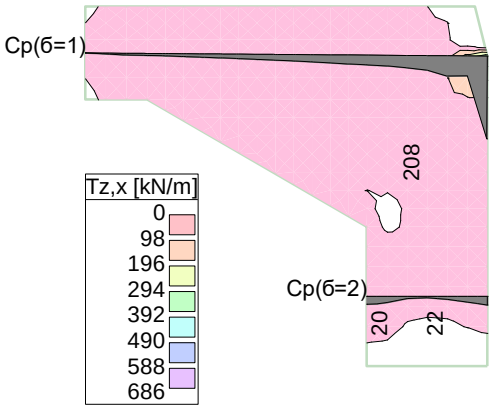
Рам: H_28
Утицаји у плочи: max Nx= 317 / min Nx= 0 kN/m

Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



Рам: H_28
Утицаји у плочи: max Mx= 0 / min Mx= -146 kNm/m

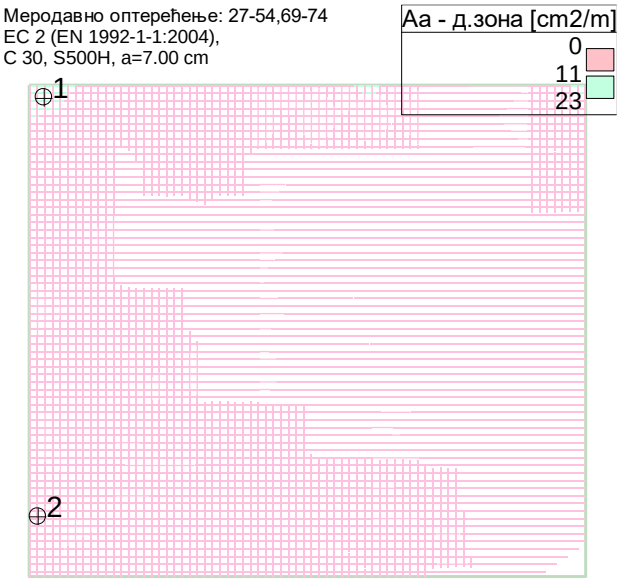
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



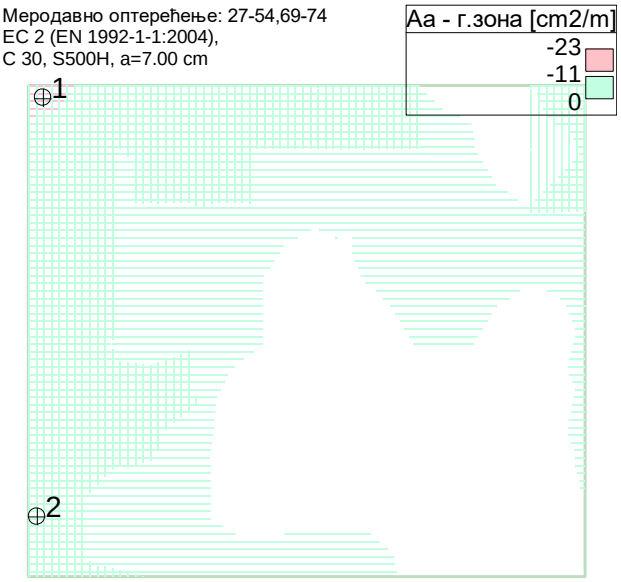
Рам: H_28
Утицаји у плочи: max Tz,x= 686 / min Tz,x= 0 kN/m

10.2.3 Димензионисање стуба и крилних зидова / Design of abutments and wing walls

10.2.3.1 Стуб / Abutment

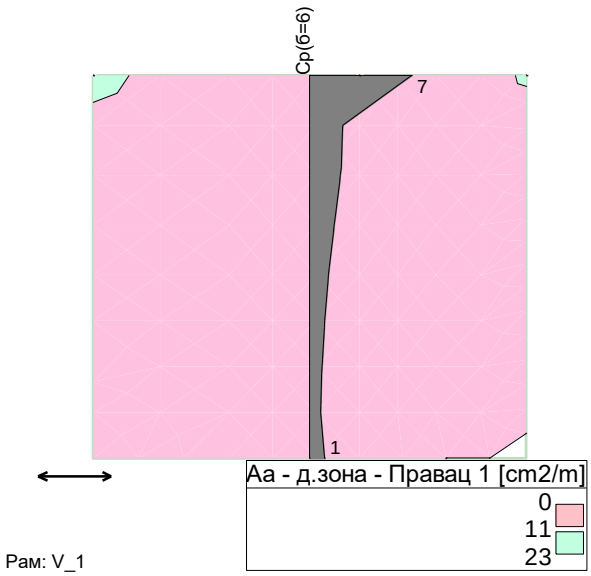


Рам: V_1
Aa - д.зона - max Aa,d= 23 cm2/m



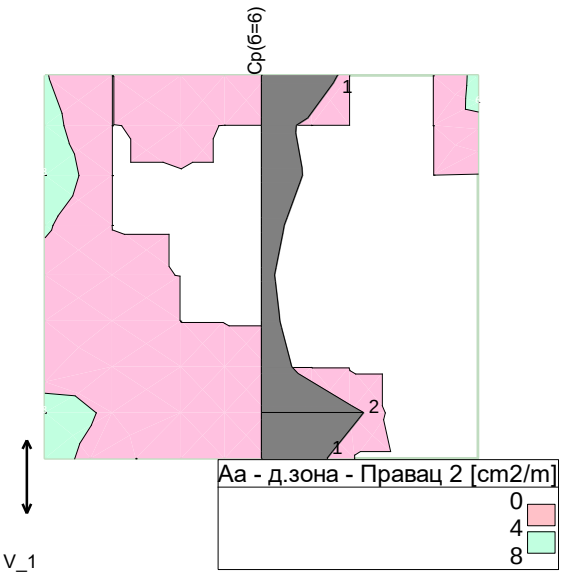
Рам: V_1
Aa - г.зона - max Aa,g= -23 cm2/m

Меродавно оптерећење: 27-54,69-74
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 30, S500H, a=7.00 cm



Рам: V_1
Aa - д.зона - Правац 1 - max Aa1,d= 23 cm2/m

Меродавно оптерећење: 27-54,69-74
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 30, S500H, a=7.00 cm



Рам: V_1
Aa - д.зона - Правац 2 - max Aa2,d= 8 cm2/m

Лежишна греда формира се у првих 1m висине стуба

Рам: V_1
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
д,пл=150.0 cm
C 30 (γC = 1.50, γS = 1.15)
Горња зона: S500H (a=7.0 cm)
Доња зона: S500H (a=7.0 cm)
Димензионисање групе случајева оптерећења: 27-54,69-74

Тачка 1 – лежишна греда
X=-3 m; Y=10 m; Z=-1 m
Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xXX+0.50xXXI
+0.30xXXII+1.00xXXIII
Mu = 0.00 kNm
Nu = 1978.65 kN
εb/εa = 0.998/25.000 ‰

Аг1 = 22.76 cm2/m
Ад1 = 22.75 cm2/m

$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 0.26 \cdot 0.29/50 \cdot 100 \cdot 150 = 22.62 cm^2/m$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2)

$A_{s,max} = 0.04 \cdot b \cdot d = 0.04 \cdot 100 \cdot 150 = 600 cm^2$/m

$A_{sw,min} = (0{,}08\sqrt{3})/50 \cdot 20 \cdot 150 \cdot 1 = 8.31 cm^2$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2.2)

Усвојена хоризонтална арматура ***Ø20/12.5*** *(Aa=25.12cm²/m)* обострано по висини лежишне греде

Усвојене четворосечне вертикалне узенгије ***Ø8/20*** *(Aa=10.06cm²/m)* у висини лежишне греде

Остатак стуба армира се као зидно платно

Рам: V_1
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
д,пл=150.0 cm
C 30 (γC = 1.50, γS = 1.15)
Горња зона: S500H (a=7.0 cm)
Доња зона: S500H (a=7.0 cm)
Димензионисање групе случајева оптерећења: 27-54,69-74

Тачка 1

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xXX+0.50xXXI+
+0.30xXXII+1.00xXXIII
Mu = 0.00 kNm
Nu = 378.54 kN
εb/εa = 0.998/25.000 ‰

Аг2 = 4.35 cm2/m
Ад2 = 4.35 cm2/m

Тачка 2
X=-3 m; Y=10 m; Z=-5 m
Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.50xIII+1.45xIX+
+1.45xXVI+1.00xXX
Mu = 10.74 kNm
Nu = 143.58 kN
εb/εa = 0.908/25.000 ‰
Аг1 = 1.53 cm2/m
Ад1 = 1.83 cm2/m

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.50xIII+1.45xVIII+
+1.45xXV+1.13xXIX+1.00xXX+1.20x
XXI
Mu = 211.64 kNm
Nu = 405.70 kN
εb/εa = -0.295/25.000 ‰
Аг2 = 4.71 cm2/m
Ад2 = 8.20 cm2/m

Аг2 = 4.35 cm2/m
Ад2 = 4.35 cm2/m

$A_{s,vmin} = 0.002 \cdot 100 \cdot 150 = 30cm^2/m^2$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.6.2 и /НА тачка 2.89)

$\mathrm{A_{s,vmax}} = 0.04 \cdot 100 \cdot 150 = 600\mathrm{cm}^2/m$

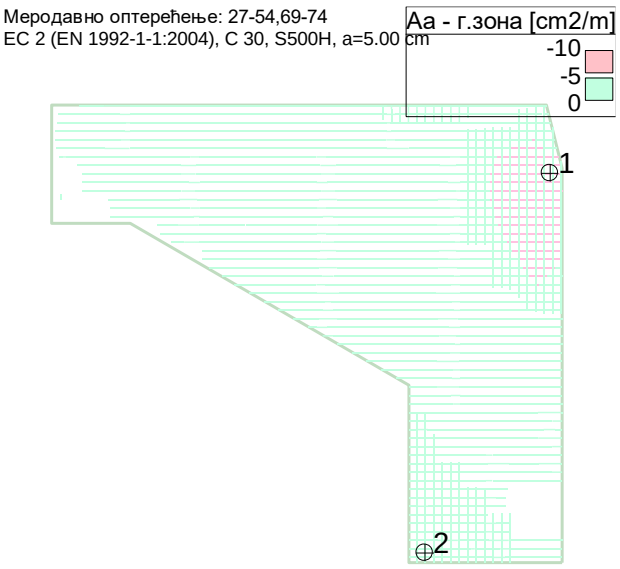
$\mathrm{A_{s,hmin}} = \max(0.25\mathrm{A_{s,v}};\ 0.001\mathrm{A_c}) = 15\mathrm{cm}^2/\mathrm{m}$ (СРПС ЕН 1992-1-1,9.6.3, /НА тачка 2.89)

Подужна (вертикална) арматура стубова (СРПС ЕН 1992-1-1,9.5, /НА тачке 2.86 и 2.87)

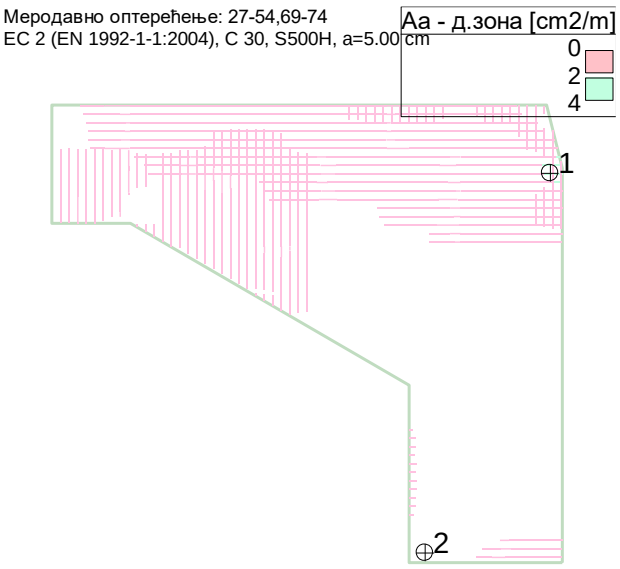
$\mathrm{A_{s,min}} = \max\left(\frac{0.15\cdot \mathrm{N_{Ed}}}{\mathrm{f_{yd}}};\ 0.003\mathrm{A_c}\right) = 45\mathrm{cm}^2/m$ *укупна вертикална арматура*

Усваја се вертикална арматура ***Ø20/10*** *(Aa=31.4cm²/m)* обострано по ширини стуба
Усваја се хоризонталана арматура ***Ø16/10*** *(Aa=20.1cm²/m)* обострано

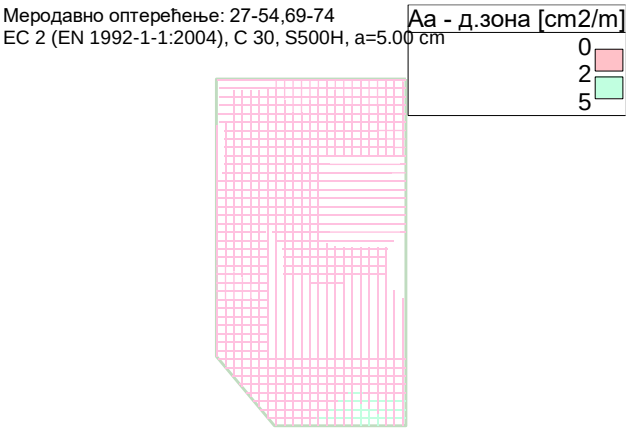
10.2.3.2 Крилни зидови / Wing walls



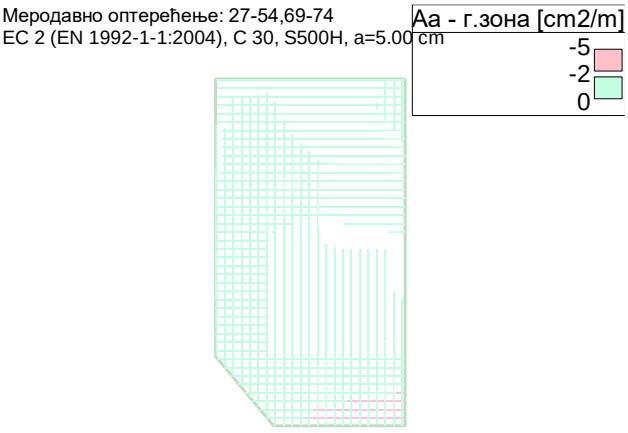
Рам: H_28
Aa - г.зона - max Aa,g= -10 cm2/m



Рам: H_28
Aa - д.зона - max Aa,d= 4 cm2/m



Рам: X_30
Aa - д.зона - max Aa,d= 5 cm2/m



Рам: X_30
Aa - г.зона - max Aa,g= -5 cm2/m

Рам: H_28
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
д,пл=60.0 cm
C 30 (γC = 1.50, γS = 1.15)
Горња зона: S500H (a=5.0 cm)
Доња зона: S500H (a=5.0 cm)
Димензионисање групе случајева оптерећења: 27-54,69-74

Тачка 1
X=-3 m; Y=15 m; Z=-1 m

Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.50xIII+1.45xIX+
+1.45xXVI+1.00xXX
Mu = -143.80 kNm
Nu = 316.78 kN
εb/εa = -1.188/25.000 ‰
Ar1 = 9.87 cm2/m
Ад1 = 3.75 cm2/m

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.50xIII+1.45xIX
+1.45xXVI+1.00xXX
Mu = -23.48 kNm
Nu = 150.64 kN
εb/εa = -0.411/25.000 ‰
Ar2 = 2.75 cm2/m
Ад2 = 1.58 cm2/m

Тачка 2
X=-4 m; Y=15 m; Z=-6 m

Правац 1: (α=0°)	Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:	Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.50xIII+1.45xIX+	1.00xI+1.00xII+1.50xIII+1.45xIX
+1.45xXVI+1.00xXX	+1.45xXVI+1.00xXX
Mu = -10.31 kNm	Mu = -56.53 kNm
Nu = -5.96 kN	Nu = -31.97 kN
εb/εa = -0.353/25.000 ‰	εb/εa = -0.878/25.000 ‰
Ar1 = 0.36 cm2/m	Ar2 = 1.99 cm2/m
Ад1 = 0.00 cm2/m	Ад2 = 0.00 cm2/m

$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 0.26 \cdot 0.29/50 \cdot 100 \cdot 60 = 9cm^2/m$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2)

$A_{s,vmin} = 0.002 \cdot 100 \cdot 60 = 12cm^2/m^2$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.6.2 и /НА тачка 2.89)

$A_{s,max} = 0.04 \cdot 100 \cdot 60 = 240cm^2/m$

Усваја се вертикална арматура ***Ø14/10*** *(Aa=15.4cm²/m)* обострано

Усваја се хоризонталана арматура ***Ø14/10*** *(Aa=15.4cm²/m)* обострано на висини до 2m

Усваја се хоризонталана арматура ***Ø16/10*** *(Aa=20.1cm²/m)* обострано на остатку висине

10.2.4 Контрола граничне носивости стуба / Ultimate limit state

Меродавни утицаји за контролу граничне носивости

C1	N_{Ed} [kN/m]	$M_{y,Ed}$ [kNm/m]	$M_{z,Ed}$ [kNm/m]	$T_{zy,Ed}$ [kN/m]	$T_{zx,Ed}$ [kN/m]
Основне комбинације	777	245	48	284	49
Сеизмичке комбинације	361	195	30	189	38
Инцидентне комбинације	668	189	33	236	41

10.2.4.1 Контрола граничне носивости стуба за једнооосно и двоосно савијање / Bending and Biaxial bending

(СРПС ЕН 1992-1-1, 5.8.9, 6.1)

Основне комбинације

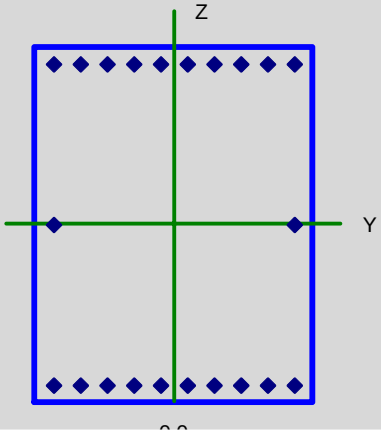
Materials:

f_{ck} =	30 MPa	E_{cm} =	32.8 GPa
f_{yk} =	500 MPa	E_s =	200 GPa
γ_c =	1,5		
γ_s =	1,15		
a_{CC} =	0,85		

Section Properties:

Height = 1500 mm Width = 1000 mm

Concrete section		Transformed section	
A_C =	1500000 mm²	A_T =	1533121 mm²
I_C =	2.8E+11 mm⁴	I_T =	2.96E+11 mm⁴
Y_{bC} =	750 mm	Y_{bT} =	750 mm

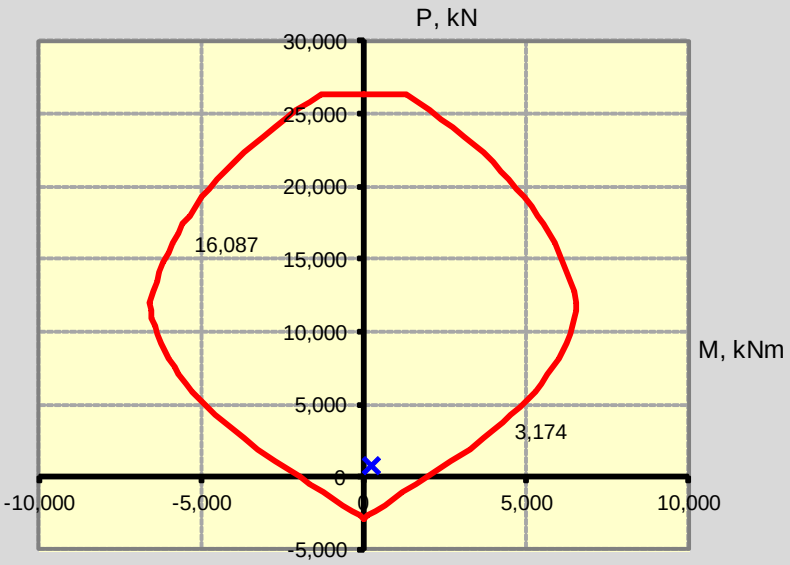


Reinforcing bars:

No.bars =	22 (< 300)	
Σ(As) =	6506	mm²
ΣAs/Ac =	0.00434	
Concrete cover =	50	mm
Spiral/Stirrup dia. =	12	mm

Reinforcing Bar No.	Area A_s mm²	Coordinates, mm Y (from ctr.)	Z (from bot.)
1	314	-432.00	72.00
2	314	-336.00	72.00
3	314	-240.00	72.00
4	314	-144.00	72.00
5	314	-48.00	72.00
6	314	48.00	72.00
7	314	144.00	72.00
8	314	240.00	72.00
9	314	336.00	72.00
10	314	432.00	72.00
11	113	-432.00	750.00
12	113	432.00	750.00
13	314	-432.00	1428.00
14	314	-336.00	1428.00
15	314	-240.00	1428.00
16	314	-144.00	1428.00
17	314	-48.00	1428.00
18	314	48.00	1428.00
19	314	144.00	1428.00
20	314	240.00	1428.00
21	314	336.00	1428.00
22	314	432.00	1428.00

Axial Force/Bending Moment Interaction Diagram
Bending about horizontal axis



Positive moment corresponds to tension in bottom fibers of the section
Positive axial force is compressive force

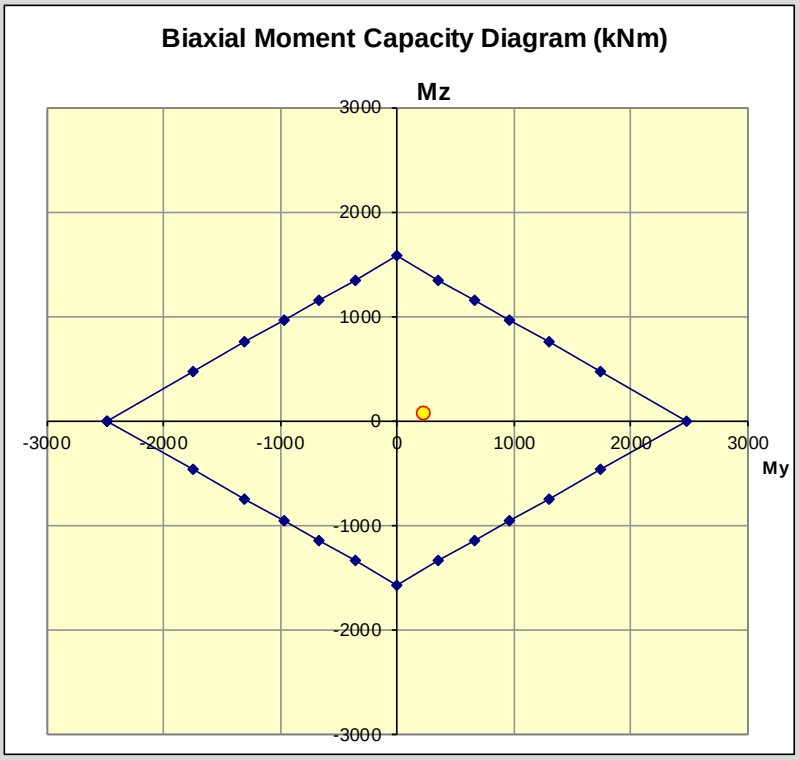
Load Description	Factored Loads P_u kN	M_u kNm	Capacity M_{Rdy} kNm	M_u/M_{Rdy}
Основне комб - верт. арм.	777	245	2484	0.10

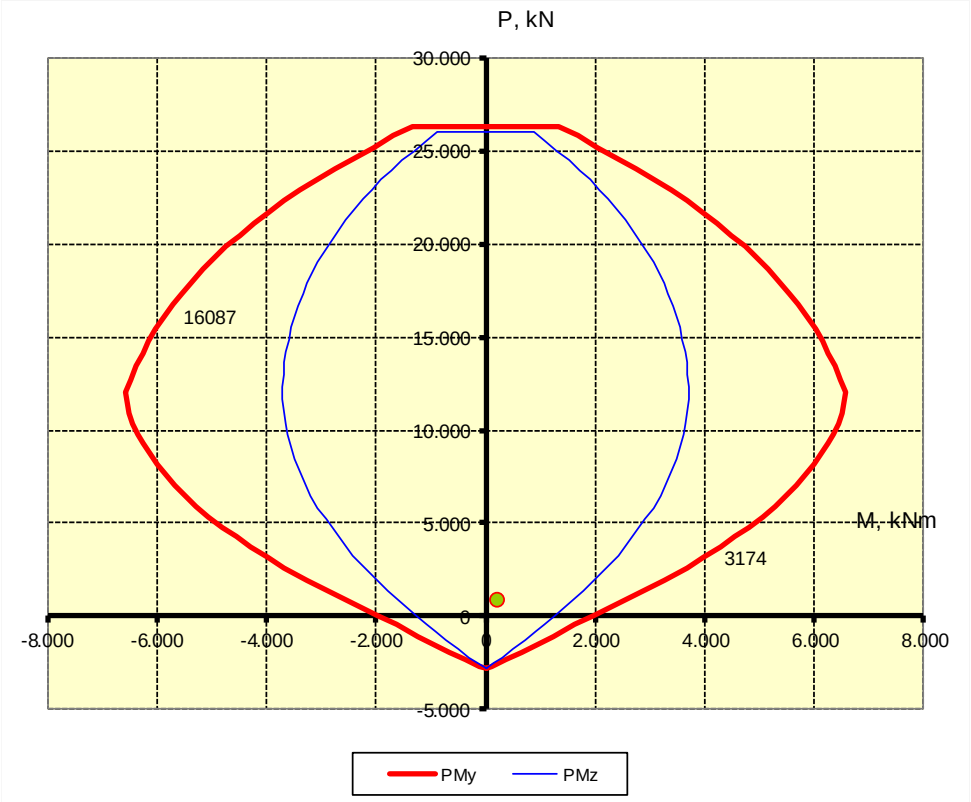
Load Description	Applied Loads P kN	M_y kNm	M_z kNm	Uniaxial Capacities M_{Rdy} kNm	M_{Rdz} kNm	Demand Capacity Ratio $(M_y/M_{Rdy})^a + (M_z/M_{Rdz})^a$	Biaxial Interact'n coeff. a
Основне комб.	777	245	48	2484	1574	0,129	1,000

$N_{rd} = A_c*f_{cd}+A_s*f_{yd}$ = 28328,7 kN

My-Mz Contour plot at axial force P = 777 kN (-2828,7 ÷ 26059,9)

$M_{Rdy\ neg}$ =	-2484,1 kNm	$M_{Rdy\ pos}$ =	2484,1 kNm	Sign convention
$M_{Rdz\ neg}$ =	-1573,5 kNm	$M_{Rdz\ pos}$ =	1573,5 kNm	My positive creates tension on the bottom
P/N_{rd} =	0,0274	a =	1	Mz positive creates tension on the right

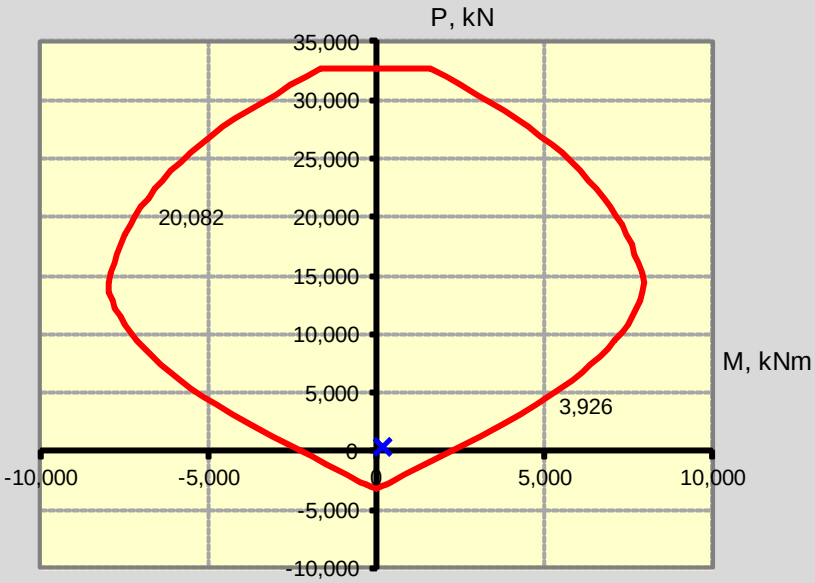




Сеизмичке и инцидентне комбинације

Materials:					
f_{ck} =	30	MPa	E_{cm} =	32,8	GPa
f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200	GPa
γ_c =	1,2				
γ_s =	1				
a_{CC} =	0,85				

Axial Force/Bending Moment Interaction Diagram
Bending about horizontal axis



Positive moment corresponds to tension in bottom fibers of the section
Positive axial force is compressive force

Load Description	Factored Loads P_u kN	Factored Loads M_u kNm	Capacity M_{Rdy} kNm	M_u/M_{Rdy}
Сеизмичке комб.	361	195	2503	0.08

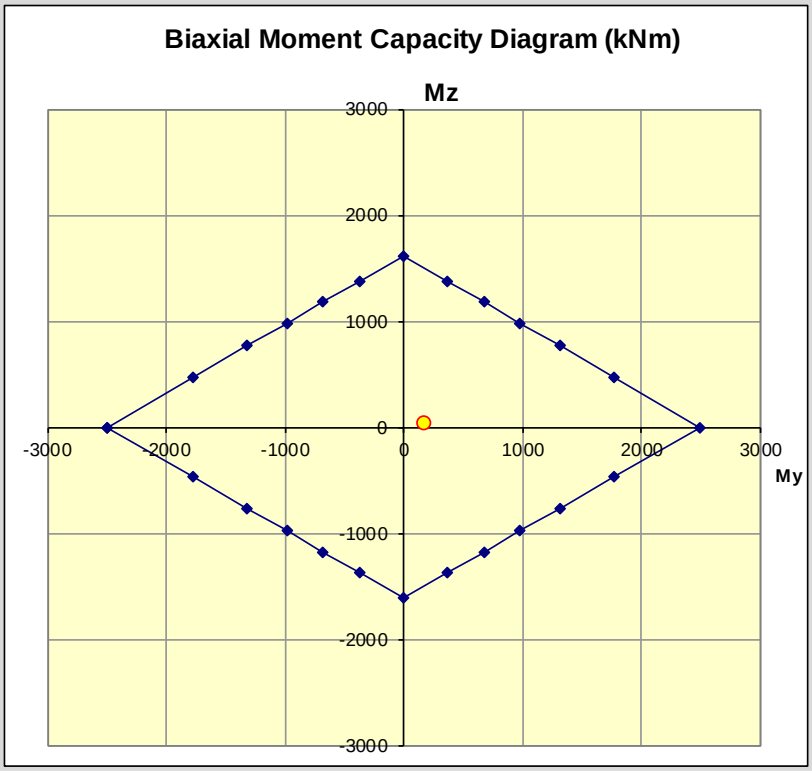
BIAXIAL BENDING MOMENT CAPACITY

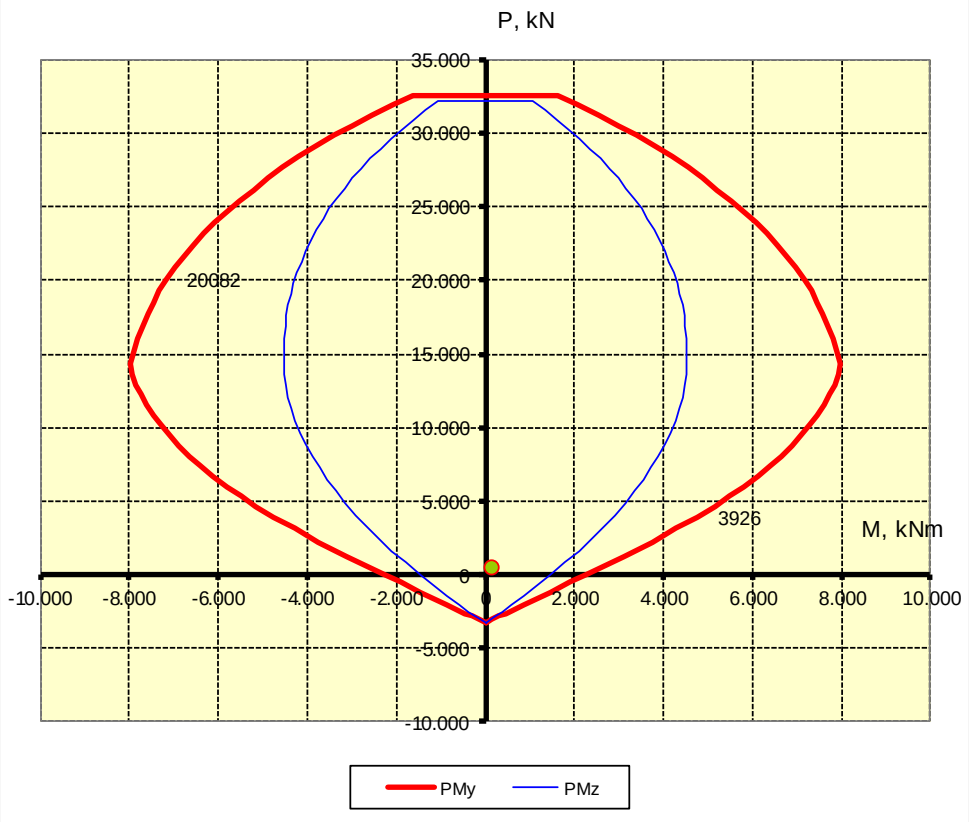
Load Description	Applied Loads P kN	Applied Loads M_y kNm	Applied Loads M_z kNm	Uniaxial Capacities M_{Rdy} kNm	Uniaxial Capacities M_{Rdz} kNm	Demand Capacity Ratio $(M_y/M_{Rdy})^a + (M_z/M_{Rdz})^a$	Biaxial Interact'n coeff. a
Сеизмичке комб.	361	189	30	2503	1613	0,094	1,000
Инцидентне комб.	668	189	33	2709	1735	0,089	1,000

$N_{rd} = A_c*f_{cd}+A_s*f_{yd}$ = 35128 kN

My-Mz Contour plot at axial force P = 361 kN (-3253 ÷ 32176,3)

$M_{Rdy\ neg}$ =	-2503 kNm	$M_{Rdy\ pos}$ =	2503 kNm	Sign convention
$M_{Rdz\ neg}$ =	-1612,8 kNm	$M_{Rdz\ pos}$ =	1612,8 kNm	My positive creates tension on the bottom
P/N_{rd} =	0,0103	a =	1	Mz positive creates tension on the right





10.2.4.2 Носивост пресека на смицање / Design resistance for shear

$$\max V_{Ed} = \sqrt{284^2 + 49^2} = 288 kN/m$$

$$\max V_{Rd} = \frac{b \cdot 0.9d \cdot \nu \cdot f_{cd}}{2} \geq V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b \cdot d \geq \min V_{Rd,c} = \left(\nu_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}\right) \cdot b \cdot d$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{1400}} = 1.378 < 2$$

$$\rho_i = \frac{A_{Sl}}{b \cdot d} = \frac{31.4}{100 \cdot 140} = 0.0022 < 0.02$$

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c = 0.18/1.5 = 0.12$$

$$\nu_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.378^{3/2} \cdot 2.5^{1/2} = 0.098$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 777 / 15000 = 0.052 kN/cm^2$$

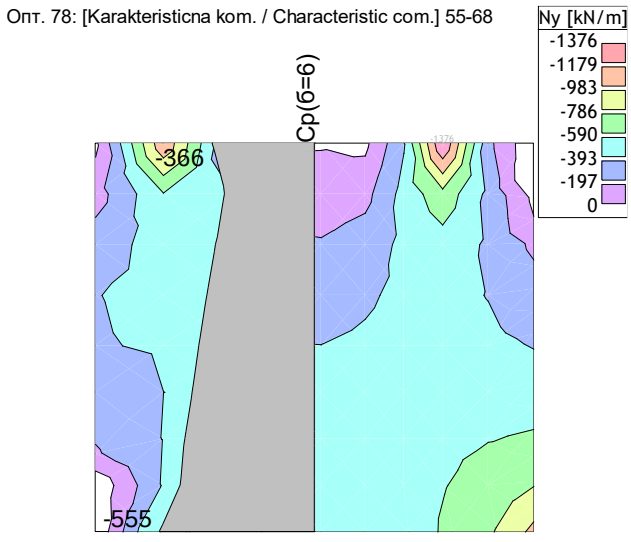
$$V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.378 \cdot (100 \cdot 0.0022 \cdot 2.5)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.052\right] \cdot 100 \cdot 140 = 2018 kN/m$$

$\min V_{Rdc} = (0.098 \cdot 100 + 0.15 \cdot 0.052) \cdot 140 \cdot 100 = 1480 kN/m > V_{Ed}$

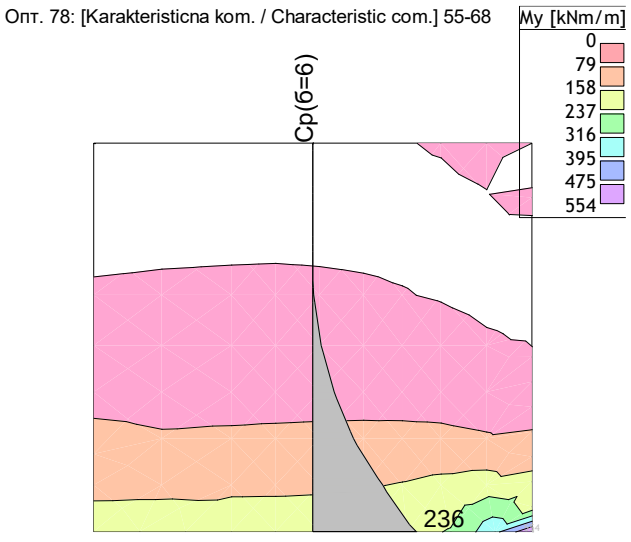
Носивост бетона на смицање је довољна за пријем смичућих сила.
The shear resistance of concrete section is sufficient to receive shear forces.

10.2.5 Контрола граничних стања употребљивост / Serviceability limit states

10.2.5.1 Стаички утицаји у стубу услед карактеристичне комбинације оптерећења

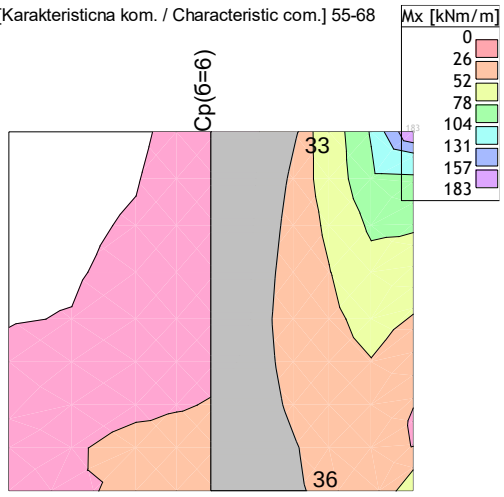


Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Ny= 0 / min Ny= -1376 kN/m



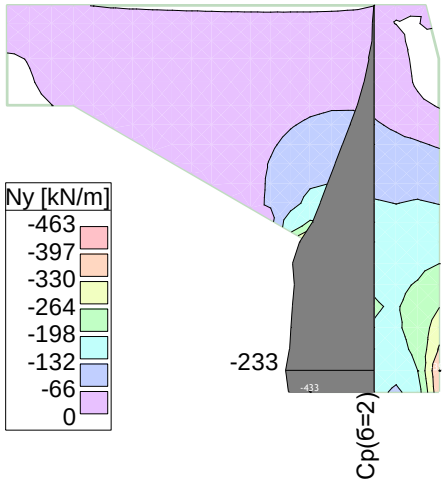
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max My= 554 / min My= 0 kNm/m

Опт. 78: [Karakteristicna kom. / Characteristic com.] 55-68

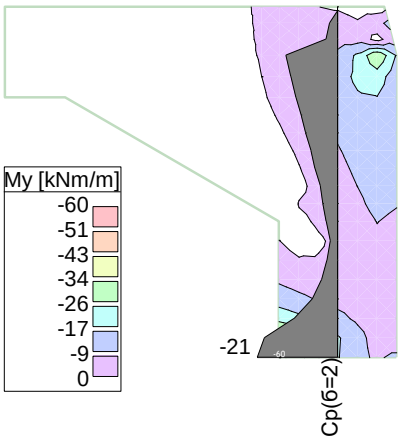


Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Mx= 183 / min Mx= 0 kNm/m
Опт. 78: [Karakteristicna kom. / Characteristic com.] 55-68

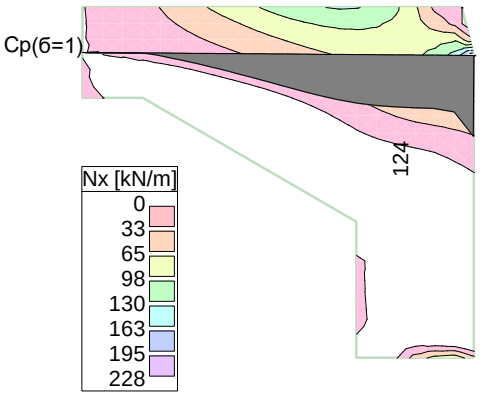
Опт. 78: [Karakteristicna kom. / Characteristic com.] 55-68



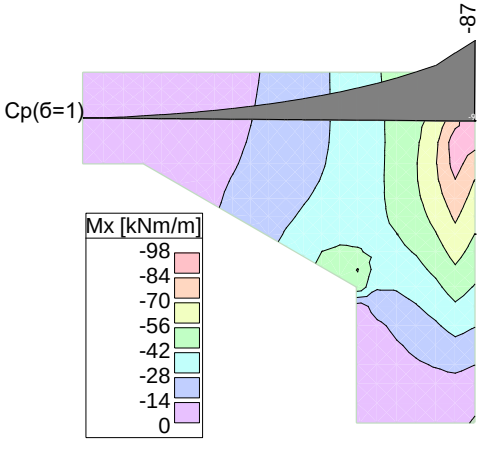
Рам: H_28
Утицаји у плочи: max Ny= 0 / min Ny= -463 kN/m
Опт. 78: [Karakteristicna kom. / Characteristic com.] 55-68



Рам: H_28
Утицаји у плочи: max My= 0 / min My= -60 kNm/m
Опт. 78: [Karakteristicna kom. / Characteristic com.] 55-68



Рам: H_28
Утицаји у плочи: max Nx= 228 / min Nx= 0 kN/m



Рам: H_28
Утицаји у плочи: max Mx= 0 / min Mx= -98 kNm/m

10.2.5.2 Контрола напона и карактеристичне ширине прслина / Stress and Crack control

Crack width calculations at service loads: uniaxial bending about Y-axis

SLS Loads

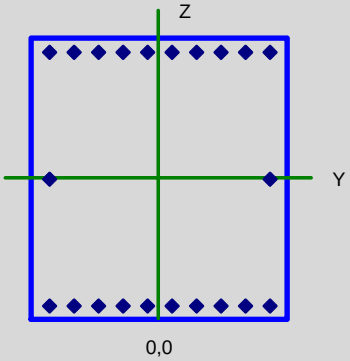
P =	555 kN	(+ for compression)	
M =	236 kNm	(+ for tension on the bottom)	Calculate stresses

Materials

f_{yk} =	500 MPa	E_s =	200000 MPa
f_{ck} =	30 MPa		Solved
f_{cm} =	38 MPa	E_{cm} =	32837 MPa
$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	2.90 MPa		
Creep factor, Ct =	2		
Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	10946 MPa	E_s/E_{ctm}=	18.27

Results of SLS analysis

Neutral axis from compression edge, x =	1128.8	mm
Maximum concrete stress, fc.max =	0.92	MPa
Maximum steel stress, fs.max =	4.5	MPa
at y_{st} =	1428	mm
Number of bars in tension =	10	
Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	1428.0	mm
Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-8E-05	
Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	7.5E-08	mm^{-1}



Crack width calculations

Limiting crack with $W_{k,max}$ =	0.3	mm		
bar diameter, d_b =	20	mm		
Clear cover, c =	50	mm		
Bar spacing S =	100	mm	≤ 5(clr+db/2) = 300 mm	OK

Bond coefficient	k_1 =	1.6	(0.8 for deformed bars and 1.6 for plain bars)
Strain distribution coefficient	k_2 =	0.5	(0.5 for bending, 1.0 for pure tension)
	k_3 =	3.4	(country specific, recommended 3.4, 1.0 used in earlier code)
	k_4 =	0.425	(country specific, recommended 0.425 , 0.25 used in earlier code)
Load duration coefficient	k_t =	0.4	(0.6 for short term and 0.4 for long term loading)

Total section height, H =	1500.0	mm
$h = \min(H, y_{st}+db/2+c)$ =	1488.0	mm
$h_{c,ef} = \min[2.5(h-d), (h-x)/3]$ =	119.7	mm
$A_{c,eff}$ ($h_{c,ef}$) =	119748	mm^2
A_{st} =	3140	mm^2
$r_{p,eff} = A_{st}/A_{c,eff}$ =	0.0262	

Section height adjusted for concrete cover

Max. crack spacing $S_{r,max}=k_3c+k_1k_2k_4d_b/\rho_{p,eff}$ =	429.3	mm		(7.11)
$S_{r,max}$ = 1.3(h-c) =	1885.0	mm	min of = 429.3 mm	(7.14)

e_{sm}, e_{cm} - steel and conc. strains

$\alpha_e = E_s/E_{cm}$ =	6.09		
$e_{sm}-e_{cm} = [f_s-k_tf_{cf,eff}(1+\alpha_e\rho_{p,eff})/\rho_{p,eff}]/E_s$ =	1.3E-05	(7.9)	
$0.6f_s/E_s$ =	1.3E-05	max of = $e_{sm}-e_{cm}$ =	1.34E-05
Crack width $W_k=S_{r,max}(e_{sm}-e_{cm})$ =	**0.01 mm**	(7.8)	

Check maximum crack width	**Wk ≤ Wk,max**	**0.01 mm ≤ 0.3 mm**	**OK**

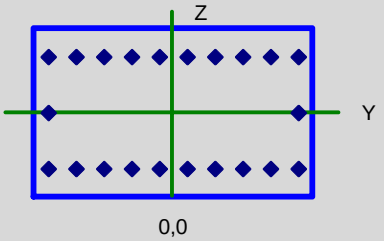
Услови у погледу ограничења напона и карактеристичне ширине прслина су задовољени

Крилни зид / Wing wall

SLS Loads	P =	-124	kN	(+ for compression)	
	M =	87	kNm	(+ for tension on the bottom)	Calculate stresses
Materials					
	f_{yk} =	500	MPa	E_s = 200000 MPa	
	f_{ck} =	30	MPa		Solved
	f_{cm} =	38	MPa	E_{cm} = 32837 MPa	
	$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	2.90	MPa		
	Creep factor, Ct =	2			
	Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	10946	MPa	E_s/E_{ctm}= 18.27	

Results of SLS analysis

Neutral axis from compression edge, x =	119.8	mm
Maximum concrete stress, fc.max =	2.17	MPa
Maximum steel stress, fs.max =	126.0	MPa
at y_{st} =	500	mm
Number of bars in tension =	12	
Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	479.8	mm
Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0.0002	
Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	1.7E-06	mm^{-1}



Crack width calculations

Limiting crack with $W_{k,max}$ =	0.3	mm		
bar diameter, d_b =	16	mm		
Clear cover, c =	75	mm		
Bar spacing S =	100	mm	≤ 5(clr+db/2) = 415 mm	OK

Bond coefficient	k_1 =	1.6	(0.8 for deformed bars and 1.6 for plain bars)
Strain distribution coefficient	k_2 =	0.5	(0.5 for bending, 1.0 for pure tension)
	k_3 =	3.4	(country specific, recommended 3.4, 1.0 used in earlier code)
	k_4 =	0.425	(country specific, recommended 0.425 , 0.25 used in earlier code)
Load duration coefficient	k_t =	0.4	(0.6 for short term and 0.4 for long term loading)

Total section height, H =	600.0	mm	
$h = \min(H, y_{st}+db/2+c)$ =	583.0	mm	Section height adjusted for concrete cover
$h_{c,ef} = \min[2.5(h-d), (h-x)/3]$ =	154.4	mm	
$A_{c,eff}$ ($h_{c,ef}$) =	154389	mm^2	
A_{st} =	2236	mm^2	
$r_{p,eff} = A_{st}/A_{c,eff}$ =	0.0145		

Max. crack spacing $S_{r,max}=k_3c+k_1k_2k_4d_b/\rho_{p,eff}$ =	630.6	mm		(7.11)
$S_{r,max}$ = 1.3(h-c) =	682.5	mm	min of = 630.6 mm	(7.14)

e_{sm}, e_{cm} - steel and conc. strains

$\alpha_e = E_s/E_{cm}$ =	6.09			
$e_{sm}-e_{cm} = [f_s-k_tf_{cf,eff}(1+\alpha_e\rho_{p,eff})/\rho_{p,eff}]/E_s$ =	0.00038	(7.9)		
$0.6f_s/E_s$ =	0.00038	max of = $e_{sm}-e_{cm}$ =	0.000378	
Crack width $W_k=S_{r,max}(e_{sm}-e_{cm})$ =	**0.24 mm**	(7.8)		

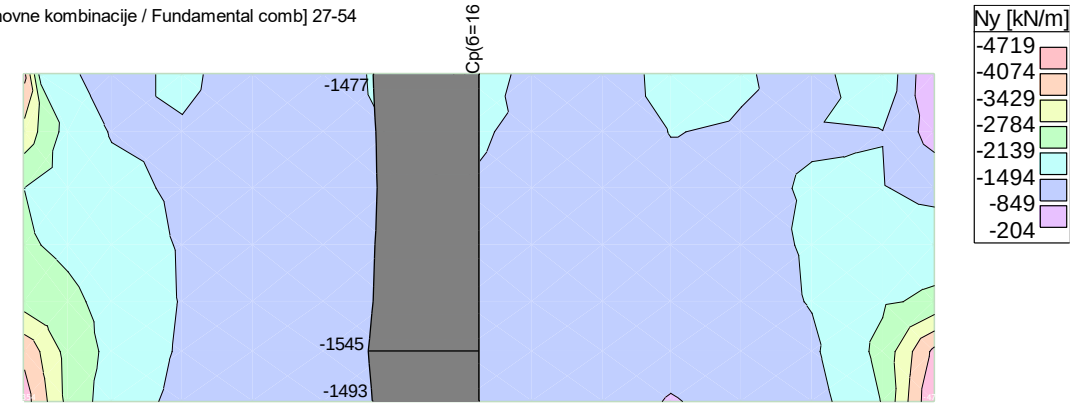
Check maximum crack width	**Wk ≤ Wk,max**	**0.24 mm ≤ 0.3 mm**	**OK**

Услови у погледу ограничења напона и карактеристичне ширине прслина су задовољени

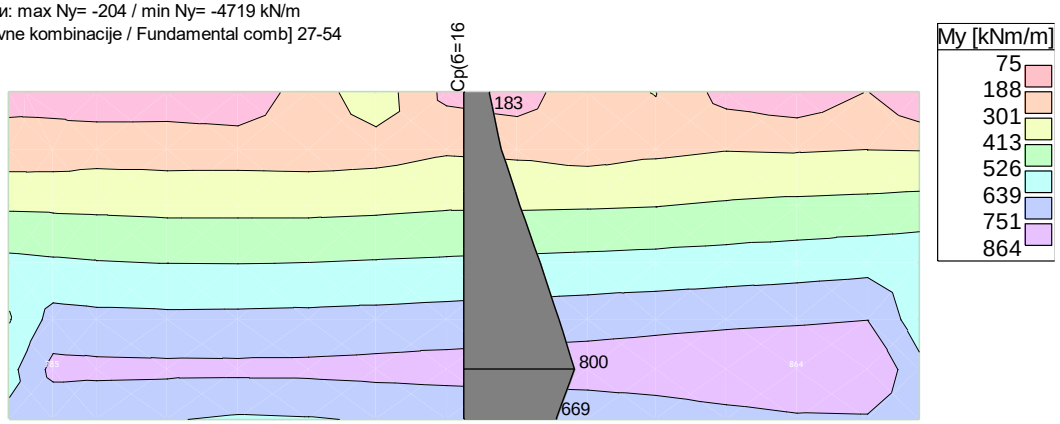
10.3 СРЕДЊИ СТУБ / PIERS

10.3.1 Статички утицаји услед меродавних комбинација оптерећења / Internal forces and moments due to relevant load combinations

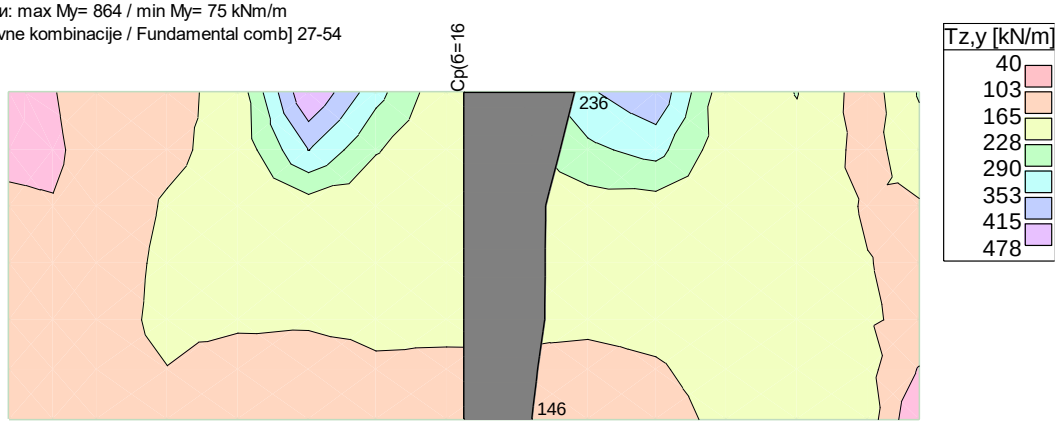
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Ny= -204 / min Ny= -4719 kN/m
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54

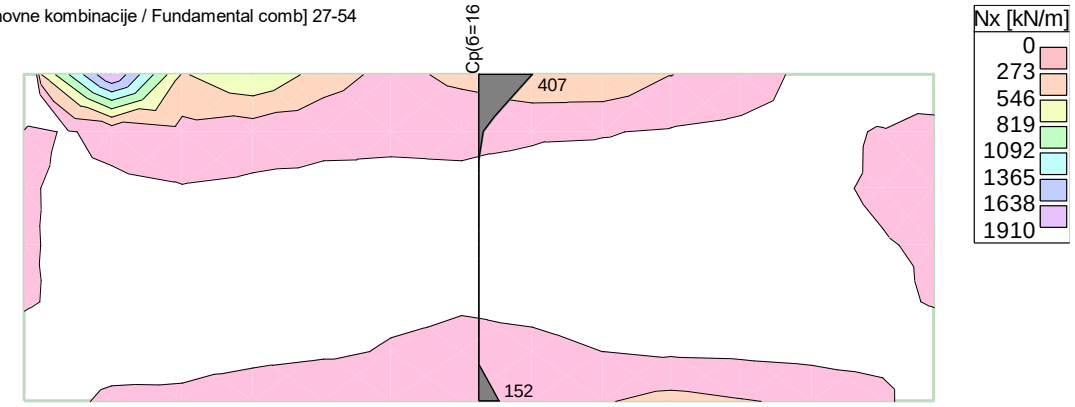


Рам: K_1
Утицаји у плочи: max My= 864 / min My= 75 kNm/m
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54

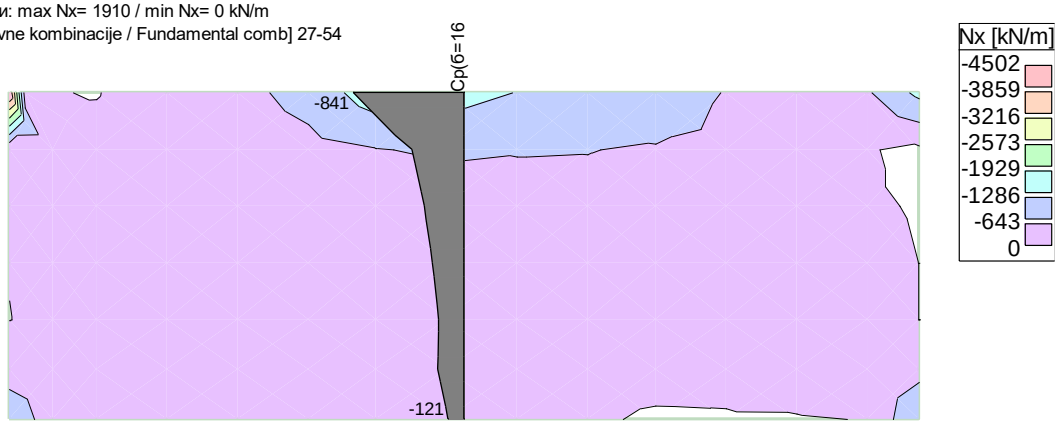


Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Tz,y= 477 / min Tz,y= 40 kN/m

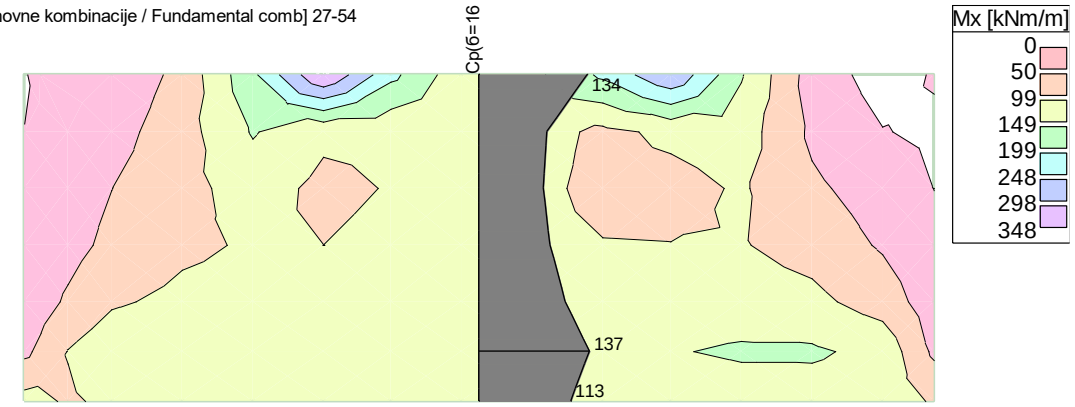
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



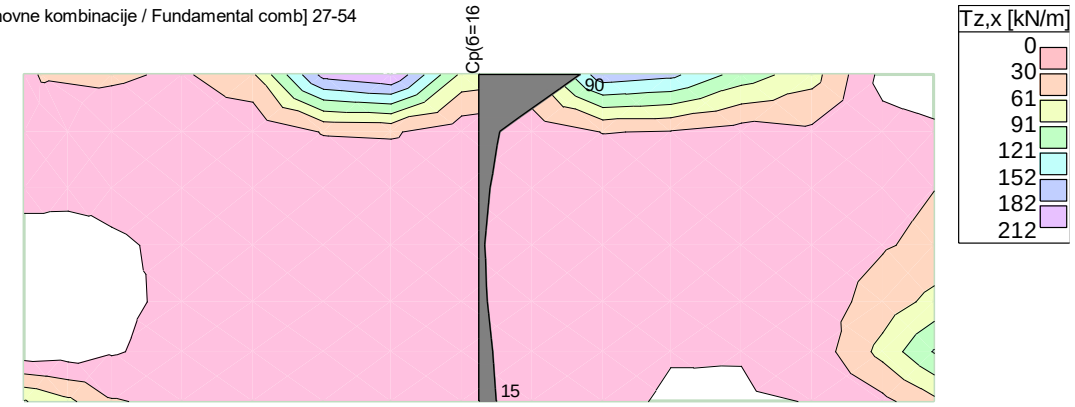
Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Nx= 1910 / min Nx= 0 kN/m
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Nx= 0 / min Nx= -4502 kN/m
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54

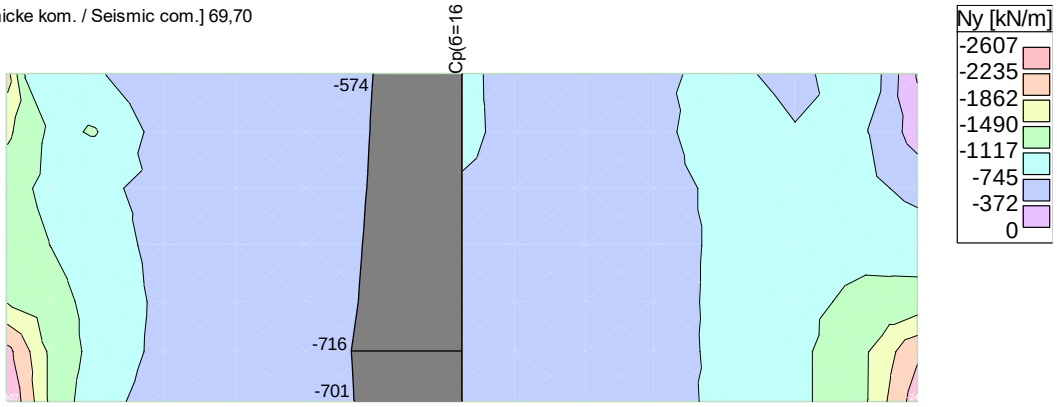


Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Mx= 348 / min Mx= 0 kNm/m
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54

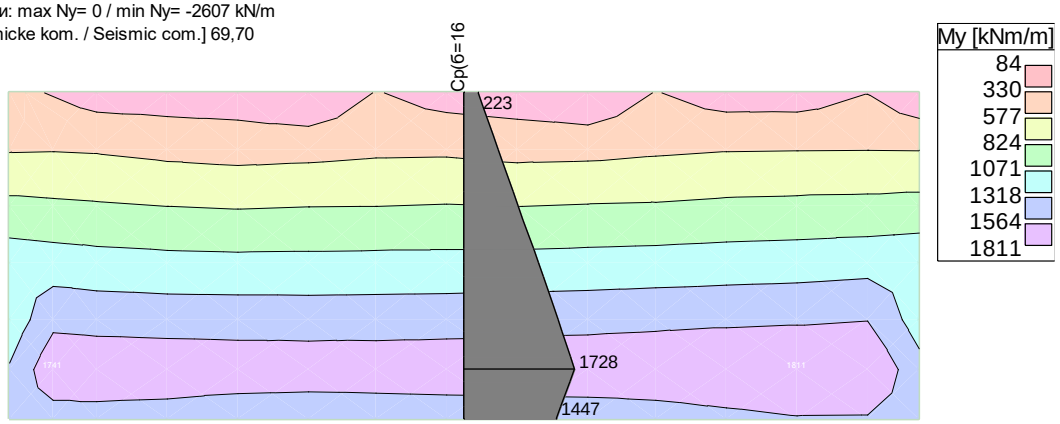


Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Tz,x= 212 / min Tz,x= 0 kN/m

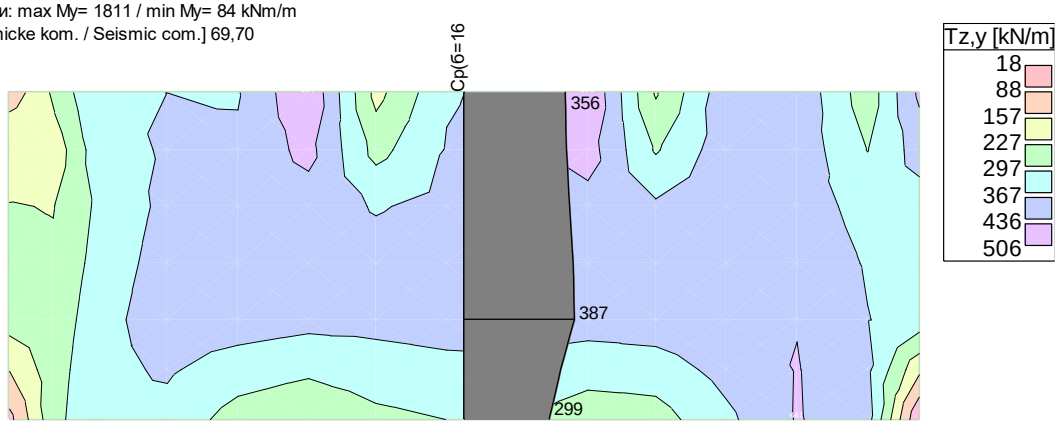
Опт. 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



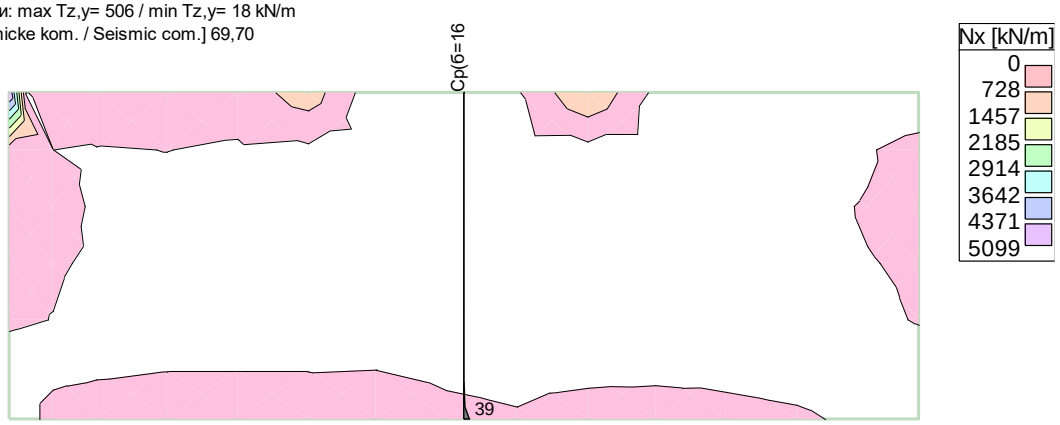
Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Ny= 0 / min Ny= -2607 kN/m
Опт. 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



Рам: K_1
Утицаји у плочи: max My= 1811 / min My= 84 kNm/m
Опт. 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70

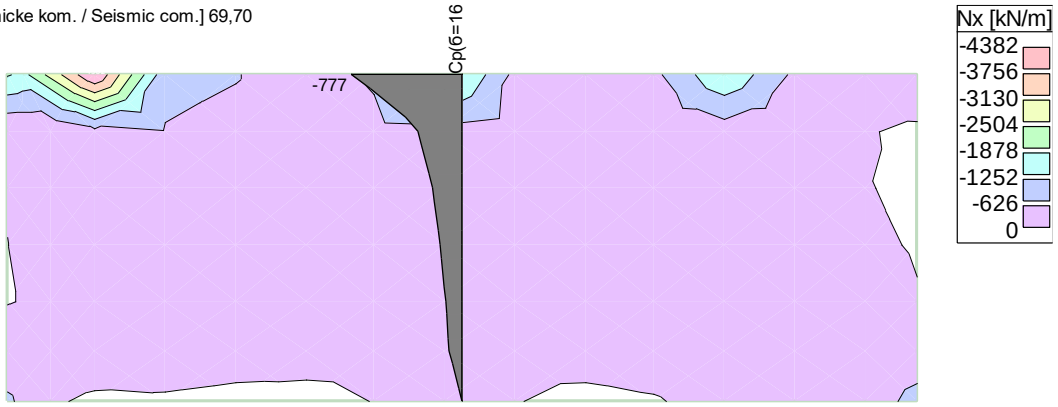


Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Tz,y= 506 / min Tz,y= 18 kN/m
Опт. 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70

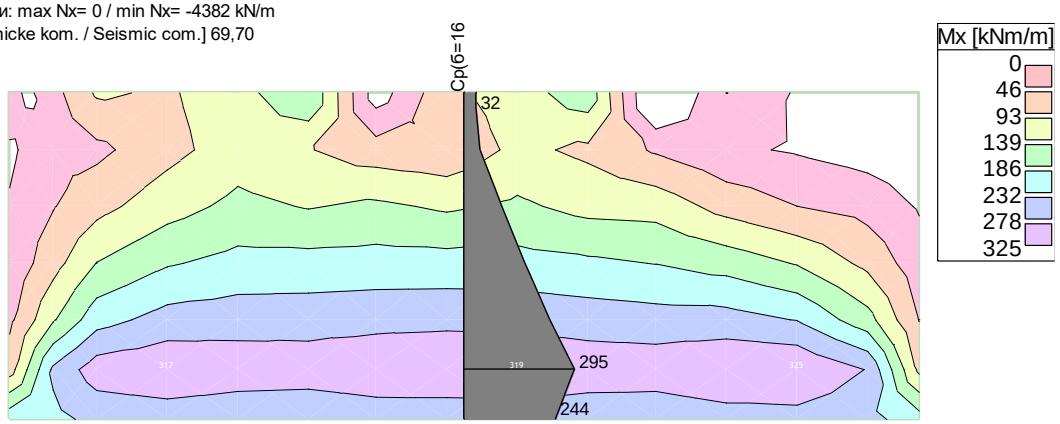


Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Nx= 5099 / min Nx= 0 kN/m

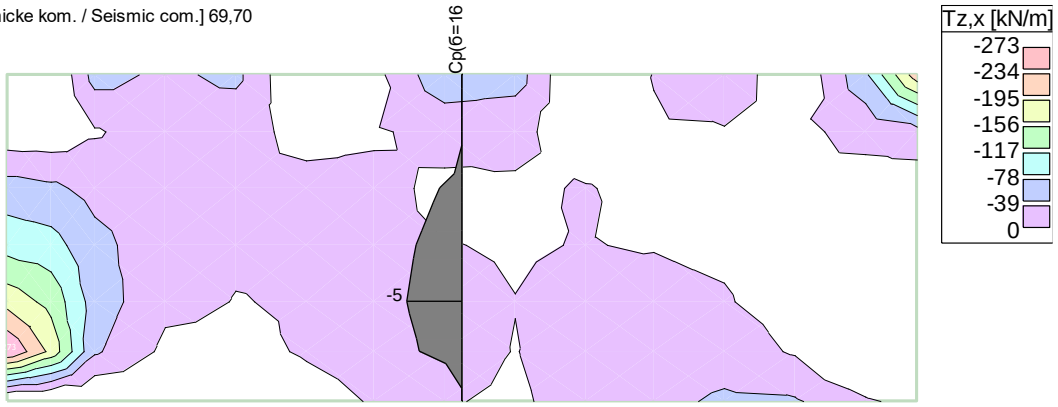
Опт. 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



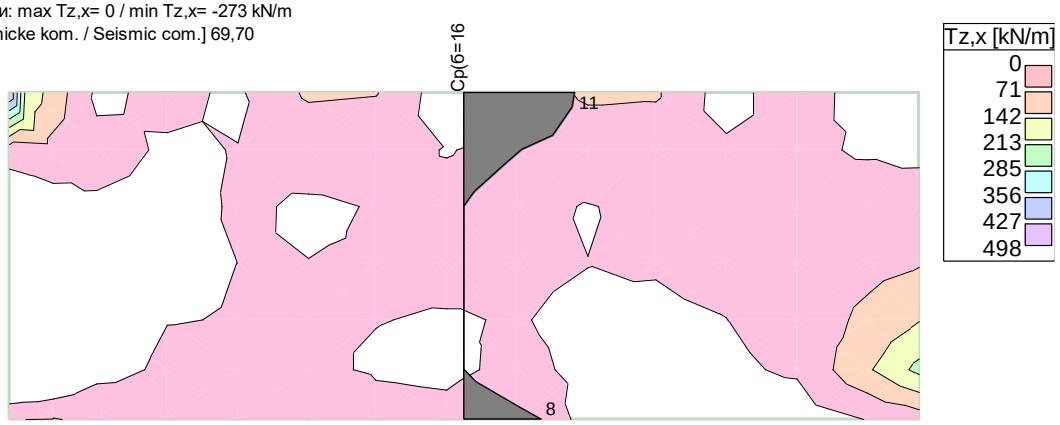
Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Nx= 0 / min Nx= -4382 kN/m
Опт. 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Mx= 325 / min Mx= 0 kNm/m
Опт. 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70

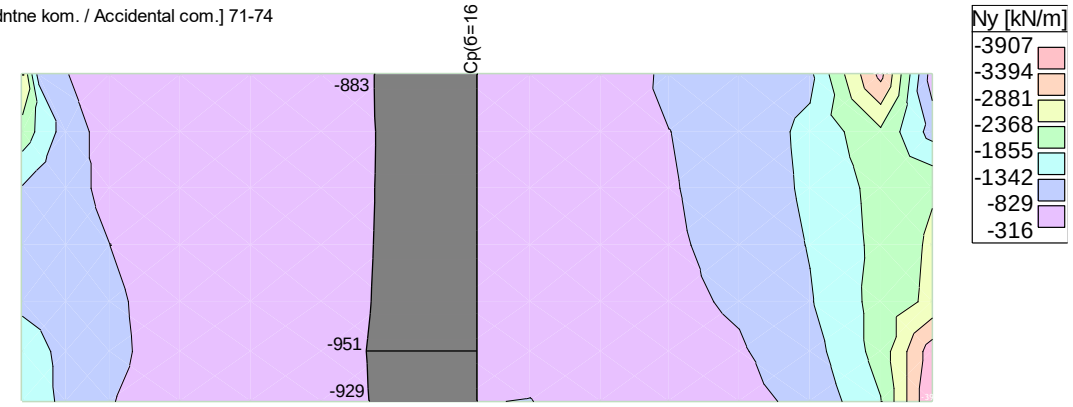


Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Tz,x= 0 / min Tz,x= -273 kN/m
Опт. 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70

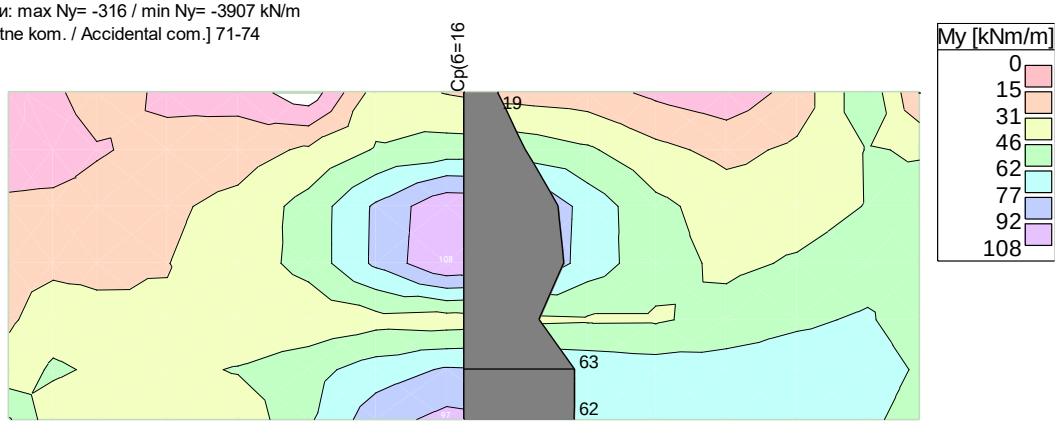


Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Tz,x= 498 / min Tz,x= 0 kN/m

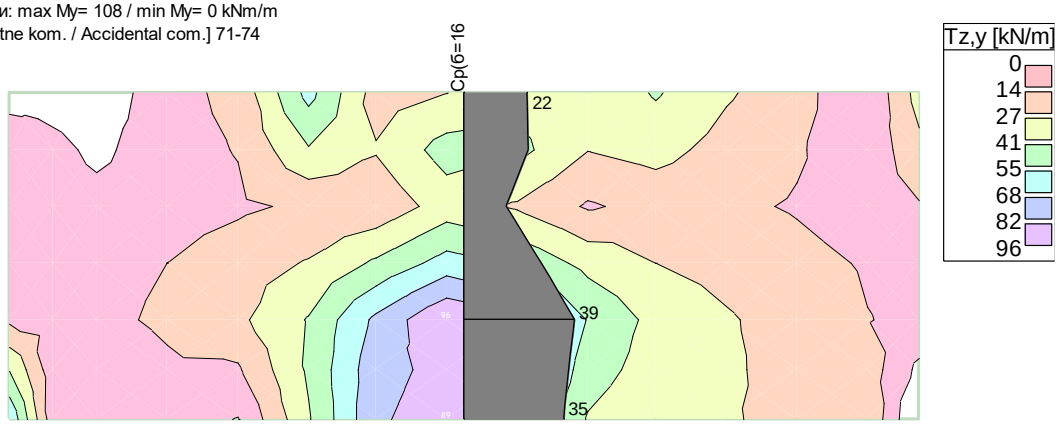
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



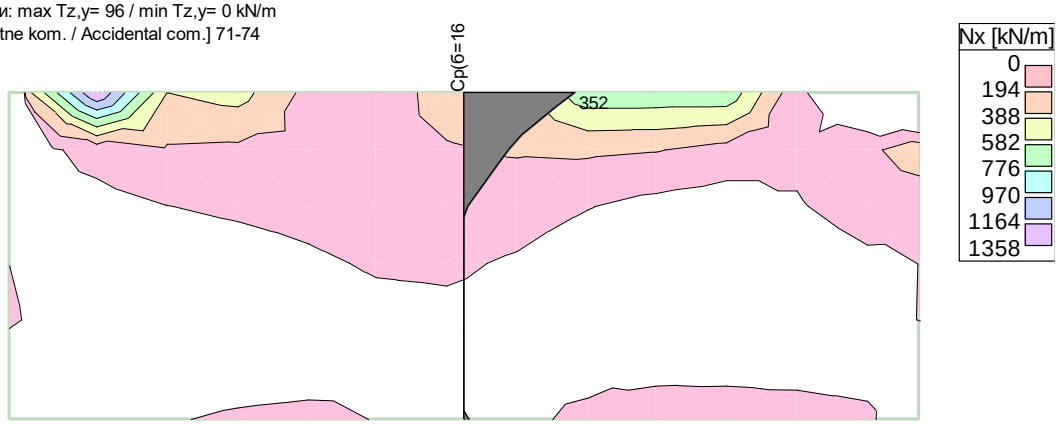
Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Ny= -316 / min Ny= -3907 kN/m
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



Рам: K_1
Утицаји у плочи: max My= 108 / min My= 0 kNm/m
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74

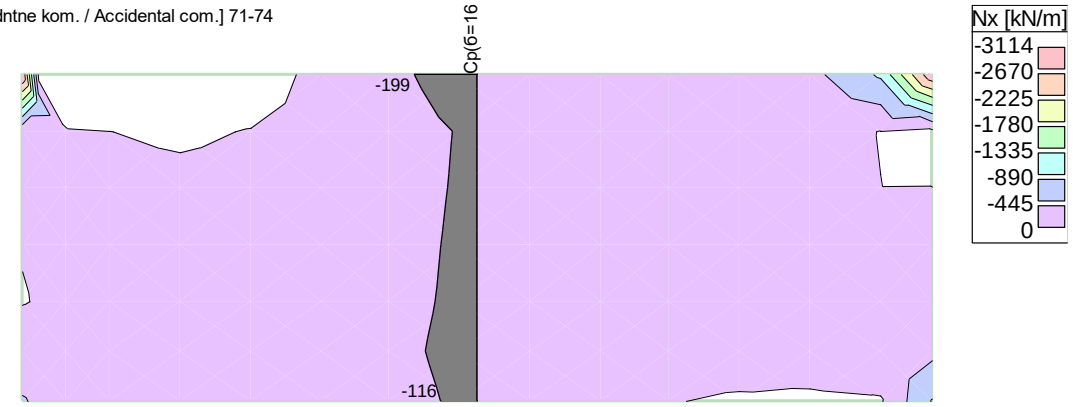


Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Tz,y= 96 / min Tz,y= 0 kN/m
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74

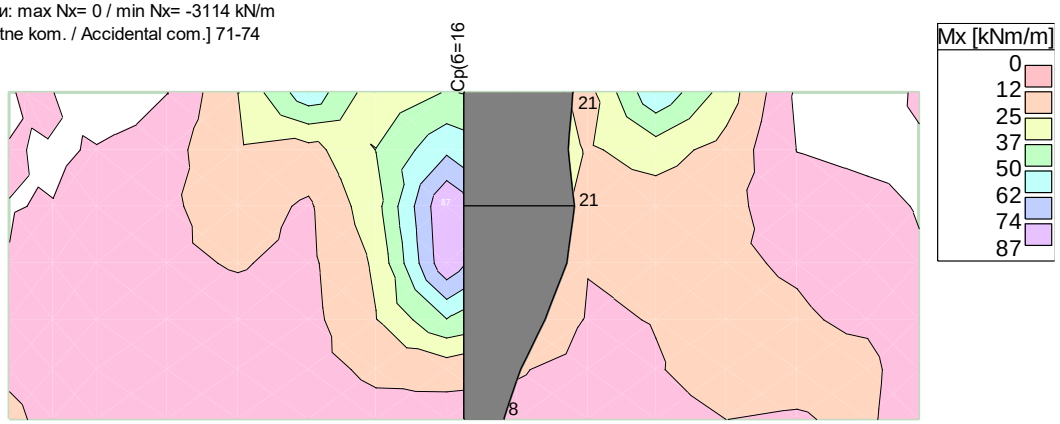


Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Nx= 1358 / min Nx= 0 kN/m

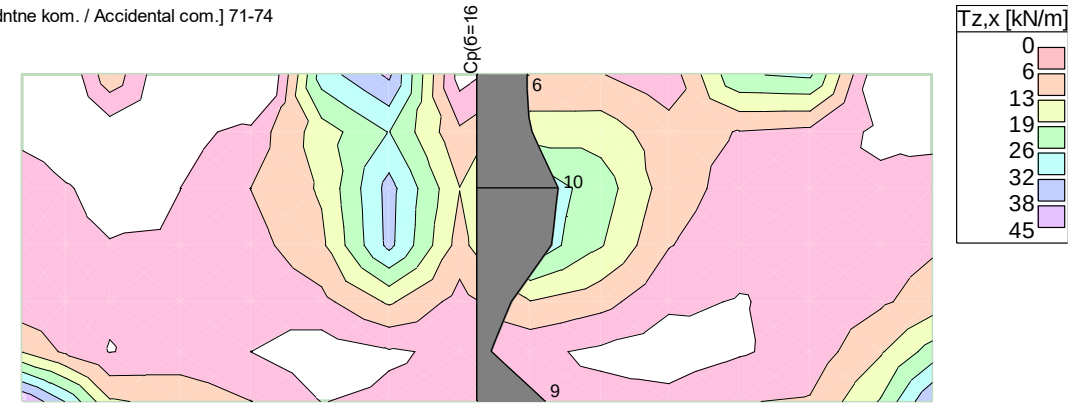
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Nx= 0 / min Nx= -3114 kN/m
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



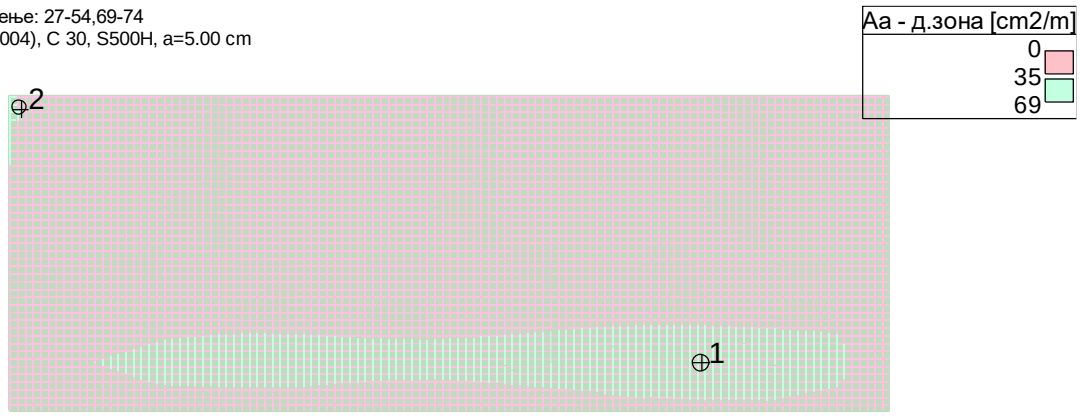
Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Mx= 87 / min Mx= 0 kNm/m
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



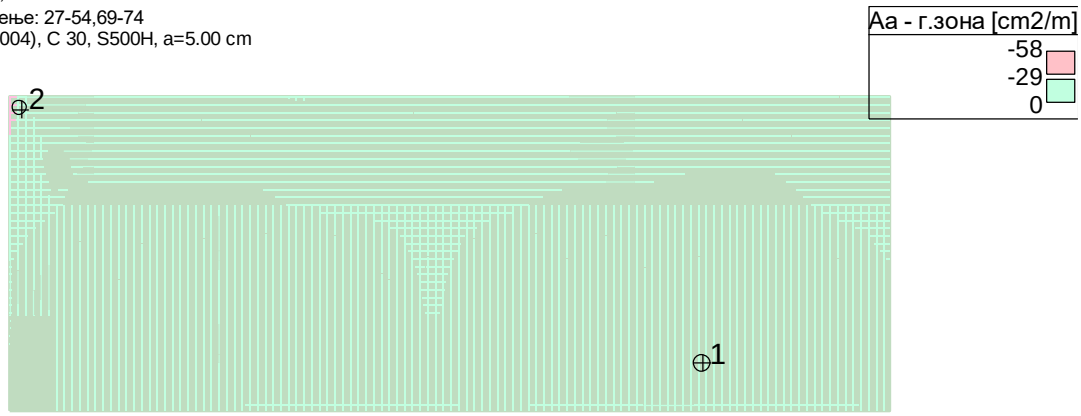
Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Tz,x= 45 / min Tz,x= 0 kN/m

10.3.2 Димензинисање стуба / Design of piers

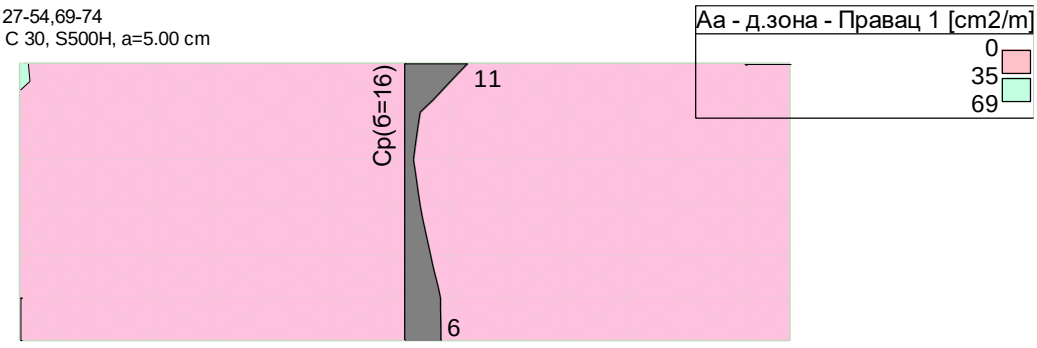
Меродавно оптерећење: 27-54,69-74
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 30, S500H, a=5.00 cm



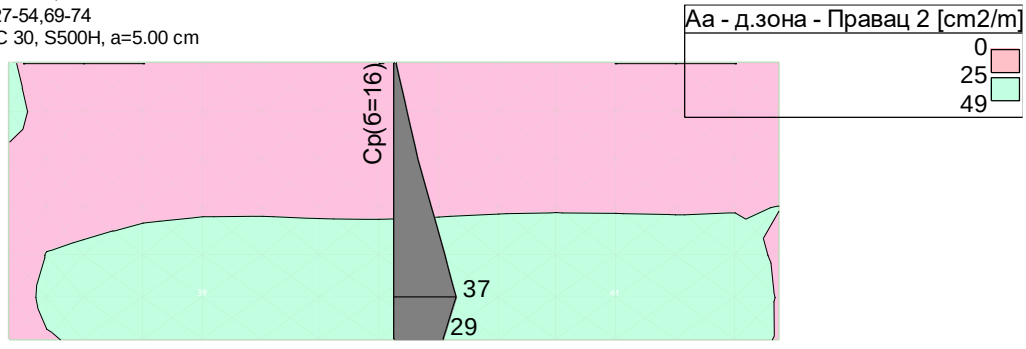
Рам: K_1
Aa - д.зона - max Aa,d= 69 cm2/m
Меродавно оптерећење: 27-54,69-74
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 30, S500H, a=5.00 cm



Рам: K_1
Aa - г.зона - max Aa,g= -58 cm2/m
Меродавно оптерећење: 27-54,69-74
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 30, S500H, a=5.00 cm



Рам: K_1
Aa - д.зона - Правац 1 - max Aa1,d= 69 cm2/m
Меродавно оптерећење: 27-54,69-74
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 30, S500H, a=5.00 cm



Рам: K_1
Aa - д.зона - Правац 2 - max Aa2,d= 49 cm2/m

Лежишна греда формира се у првих 1m висине стуба

Рам: K_1
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
д,пл=100.0 cm
C 30 (γC = 1.50, γS = 1.15)
Горња зона: S500H (a=5.0 cm)
Доња зона: S500H (a=5.0 cm)
Димензионисање групе случајева оптерећења: 27-54,69-74

Тачка 2
X=10 m; Y=12 m; Z=-6 m
Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xXX+0.50xXXI+
+1.00xXXII+0.30xXXIII
Mu = 322.69 kNm
Nu = -47.64 kN
εb/εa = -1.226/25.000 ‰
Аг1 = 0.00 cm2/m
Ад1 = 7.38 cm2/m

$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 0.26 \cdot 0.29/50 \cdot 100 \cdot 100 = 15.08 cm^2/m$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2)

$A_{s,max} = 0.04 \cdot b \cdot d = 0.04 \cdot 100 \cdot 100 = 400 cm^2$/m

$A_{sw,min} = (0{,}08\sqrt{3})/50 \cdot 20 \cdot 100 \cdot 1 = 5.54 cm^2$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2.2)

Усвојена хоризонтална арматура ***Ø20/15*** *(Aa=18.84cm²/m)* обострано по висини лежишне греде

Усвојене четворосечне вертикалне узенгије ***2UØ8/20*** *(Aa=10.06cm²/m)* у висини наглавне греде

Остатак стуба армира се као зидно платно

Рам: K_1
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
д,пл=100.0 cm
C 30 (γC = 1.50, γS = 1.15)
Горња зона: S500H (a=5.0 cm)
Доња зона: S500H (a=5.0 cm)
Димензионисање групе случајева оптерећења: 27-54,69-74

Тачка 1
Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.50xIII+1.45xIX+
+1.45xXVI+1.00xXX
Mu = 106 kNm
Nu = -1841 kN
Није потребна арматура.

Тачка 2
X=10 m; Y=12 m; Z=-6 m
Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xXX+0.50xXXI+
+1.00xXXII+0.30xXXIII
Mu = 322.69 kNm
Nu = -47.64 kN
εb/εa = -1.226/25.000 ‰
Аг1 = 0.00 cm2/m
Ад1 = **7.38** cm2/m

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xXX+0.50xXXI+
+1.00xXXII+0.30xXXIII
Mu = 17964 kNm
Nu = -544 kN
εb/εa = -3.500/16.310 ‰
Аг2 = 0.21 cm2/m
Ад2 = **40.82** cm2/m

$A_{s,vmin} = 0.002 \cdot 100 \cdot 100 = 20 cm^2/m^2$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.6.2 и /НА тачка 2.89)

$A_{s,vmax} = 0.04 \cdot 100 \cdot 100 = 400 cm^2/m$

$A_{s,hmin} = \max(0.25A_{s,v};\ 0.001A_c) = 12.3 cm^2/m$ (СРПС ЕН 1992-1-1,9.6.3, /НА тачка 2.89)

Подужна (вертикална) арматура стубова (СРПС ЕН 1992-1-1,9.5, /НА тачке 2.86 и 2.87)

$$A_{s,min} = \max\left(\frac{0.15 \cdot N_{Ed}}{f_{yd}};\ 0.003A_c\right) = 30 cm^2/m$$

Усваја се вертикална арматура ***Ø25/10*** *(Aa=49.1cm²/m)* обострано по ширини стуба

Усваја се хоризонталана арматура ***Ø16/15*** *(Aa=13.4cm²/m)* обострано

10.3.3 Контрола граничне носивости стуба / Ultimate limit state

Меродавни утицаји за контролу граничне носивости

C2	N_{Ed} [kN/m]	$M_{y,Ed}$ [kNm/m]	$M_{z,Ed}$ [kNm/m]	$T_{zy,Ed}$ [kN/m]	$T_{zx,Ed}$ [kN/m]
Основне комбинације	1545	864	136	236	90
Сеизмичке комбинације	716	1811	325	387	11
Инцидентне комбинације	951	108	87	96	38

10.3.3.1 Контрола граничне носивости стуба за једноосно и двоосно савијање / Bending and Biaxial bending

(СРПС ЕН 1992-1-1, 5.8.9)

Основне комбинације

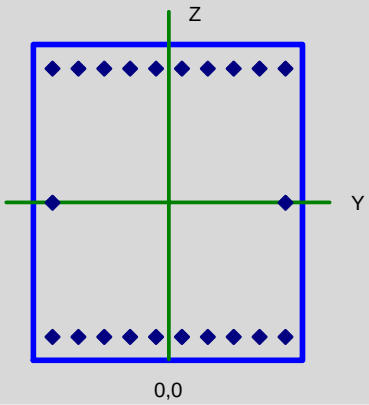
Materials:

f_{ck} =	30	MPa	E_{cm} =	32.8	GPa
f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200	GPa
γ_c =	1,5				
γ_s =	1,15				
a_{CC} =	0,85				

Section Properties:

Height = 1000 mm Width = 1000 mm

Concrete section		Transformed section	
A_C =	1000000 mm²	A_T =	1051142 mm²
I_C =	8.3E+10 mm⁴	I_T =	9.24E+10 mm⁴
Y_{bC} =	500 mm	Y_{bT} =	500 mm



Reinforcing bars:

No.bars = 22 (< 300)
Σ(As) = 10046 mm²
ΣAs/Ac = 0.01005
Concrete cover = 50 mm
Spiral/Stirrup dia. = 12 mm

Reinforcing Bar No.	Area A_s mm²	Coordinates, mm Y (from ctr.)	Z (from bot.)
1	491	-432.00	74.50
2	491	-336.00	74.50
3	491	-240.00	74.50
4	491	-144.00	74.50
5	491	-48.00	74.50
6	491	48.00	74.50
7	491	144.00	74.50
8	491	240.00	74.50
9	491	336.00	74.50
10	491	432.00	74.50
11	113	-432.00	500.00
12	113	432.00	500.00
13	491	-432.00	925.50
14	491	-336.00	925.50
15	491	-240.00	925.50
16	491	-144.00	925.50
17	491	-48.00	925.50
18	491	48.00	925.50
19	491	144.00	925.50
20	491	240.00	925.50
21	491	336.00	925.50
22	491	432.00	925.50

Load Description	Applied Loads			Uniaxial Capacities		Demand Capacity Ratio	Biaxial Interact'n coeff.
	P kN	M_y kNm	M_z kNm	M_{Rdy} kNm	M_{Rdz} kNm	$(M_y/M_{Rdy})^a + (M_z/M_{Rdz})^a$	a
Основне комб.	1545	864	136	2543	2200	0,402	1,000

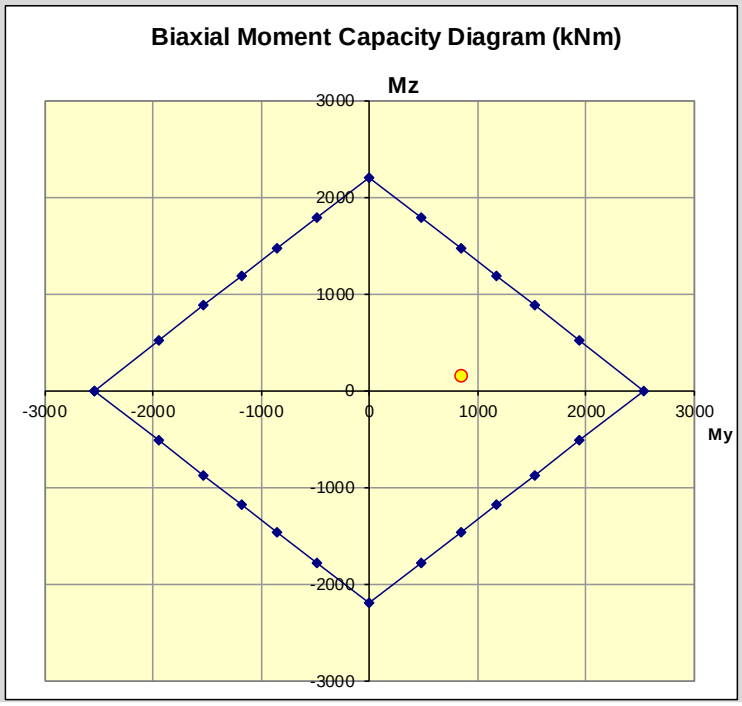
$N_{rd} = A_c*f_{cd}+A_s*f_{yd}$ = 21367,83 kN

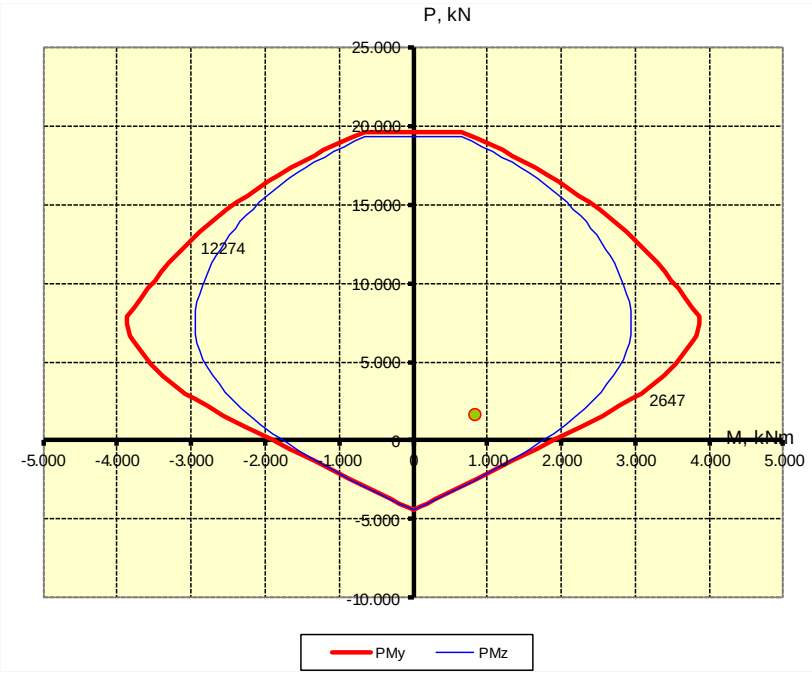
My-Mz Contour plot at axial force P = 1545 kN (-4367,8 ÷ 19355)

$M_{Rdy\ neg}$ = -2542,9 kNm $M_{Rdy\ pos}$ = 2542,9 kNm Sign convention

$M_{Rdz\ neg}$ = -2200,4 kNm $M_{Rdz\ pos}$ = 2200,4 kNm My positive creates tension on the bottom

P/N_{rd} = 0,0723 a = 1 Mz positive creates tension on the right

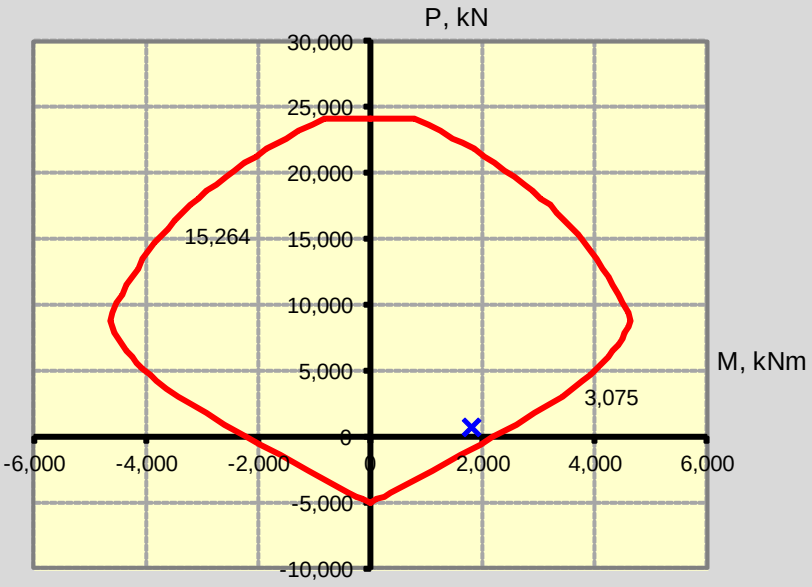




Сеизмичке и инцидентне комбинације

Materials:					
f_{ck} =	30	MPa	E_{cm} =	32,8	GPa
f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200	GPa
γ_c =	1,2				
γ_s =	1				
a_{CC} =	0,85				

Axial Force/Bending Moment Interaction Diagram
Bending about horizontal axis



Positive moment corresponds to tension in bottom fibers of the section
Positive axial force is compressive force

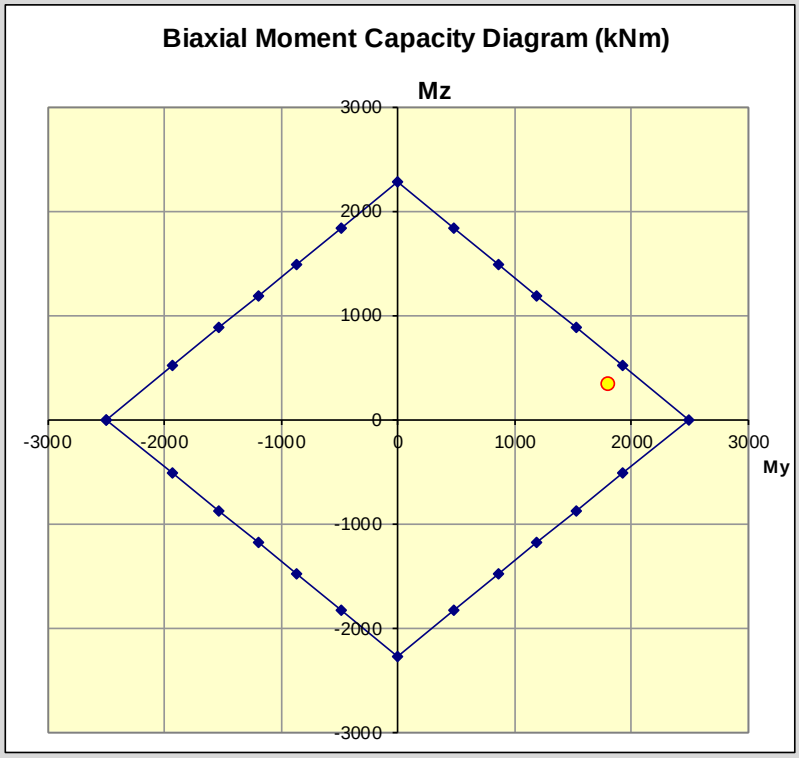
Load Description	Factored Loads P_u kN	Factored Loads M_u kNm	Capacity M_{Rdy} kNm	M_u/M_{Rdy}
Сеизмичке комб.	716	1811	2494	0.73

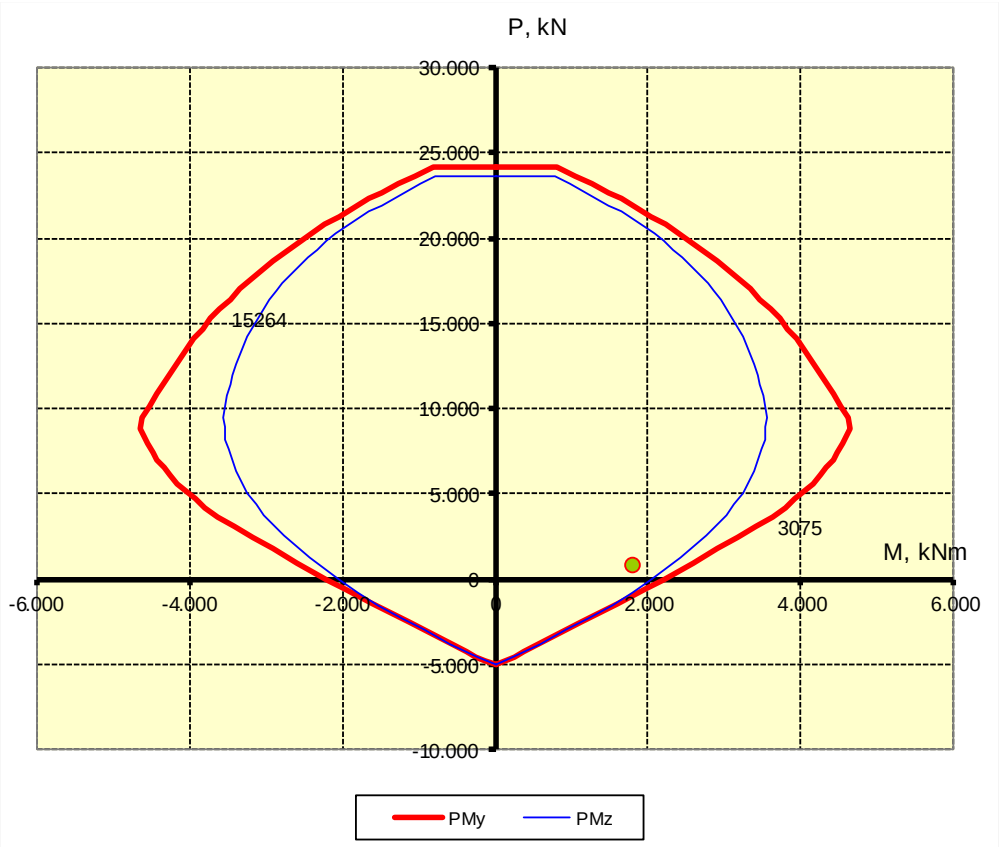
Load Description	Applied Loads P kN	Applied Loads M_y kNm	Applied Loads M_z kNm	Uniaxial Capacities M_{Rdy} kNm	Uniaxial Capacities M_{Rdz} kNm	Demand Capacity Ratio $(M_y/M_{Rdy})^a + (M_z/M_{Rdz})^a$	Biaxial Interact'n coeff. a
Сеизмичке комб.	716	1811	325	2494	2272	0,869	1,000
Инцидентне комб.	951	108	87	2592	2339	0,079	1,000

$N_{rd} = A_c*f_{cd}+A_s*f_{yd} =$ 26273 kN

My-Mz Contour plot at axial force P = 716 kN (-5023 ÷ 23568,5)

$M_{Rdy\ neg}$ =	-2494,4 kNm	$M_{Rdy\ pos}$ =	2494,4 kNm	Sign convention
$M_{Rdz\ neg}$ =	-2272 kNm	$M_{Rdz\ pos}$ =	2272 kNm	My positive creates tension on the bottom
P/N_{rd} =	0,0273	a =	1	Mz positive creates tension on the right





10.3.3.2 Носивост пресека на смицање / Design resistance for shear

$$\max V_{Ed} = \sqrt{236^2 + 90^2} = 253 kN/m$$

$$\max V_{Rd} = \frac{b \cdot 0.9d \cdot \nu \cdot f_{cd}}{2} \geq V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b \cdot d \geq \min V_{Rd,c} = \left(\nu_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}\right) \cdot b \cdot d$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{900}} = 1.471 < 2$$

$$\rho_i = \frac{A_{Sl}}{b \cdot d} = \frac{49{,}1}{100 \cdot 90} = 0.0055 < 0.02$$

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c = 0.18/1.5 = 0.12$$

$$\nu_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.471^{3/2} \cdot 2.5^{1/2} = 0.108$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 1545 / 10000 = 0.15 kN/cm^2$$

$$V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.471 \cdot (100 \cdot 0.0055 \cdot 2.5)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.15\right] \cdot 100 \cdot 90 = 1969 kN/m$$

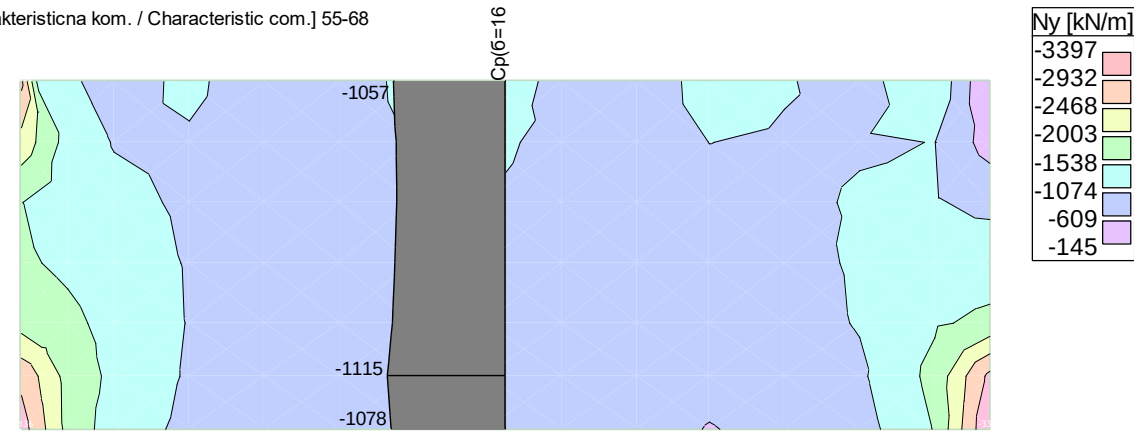
$\min V_{Rdc} = (0.108 \cdot 100 + 0.15 \cdot 0.15) \cdot 100 \cdot 100 = 1180 kN/m > V_{Ed}$

Носивост бетона на смицање је довољна за пријем смичућих сила.
The shear resistance of concrete section is sufficient to receive shear forces.

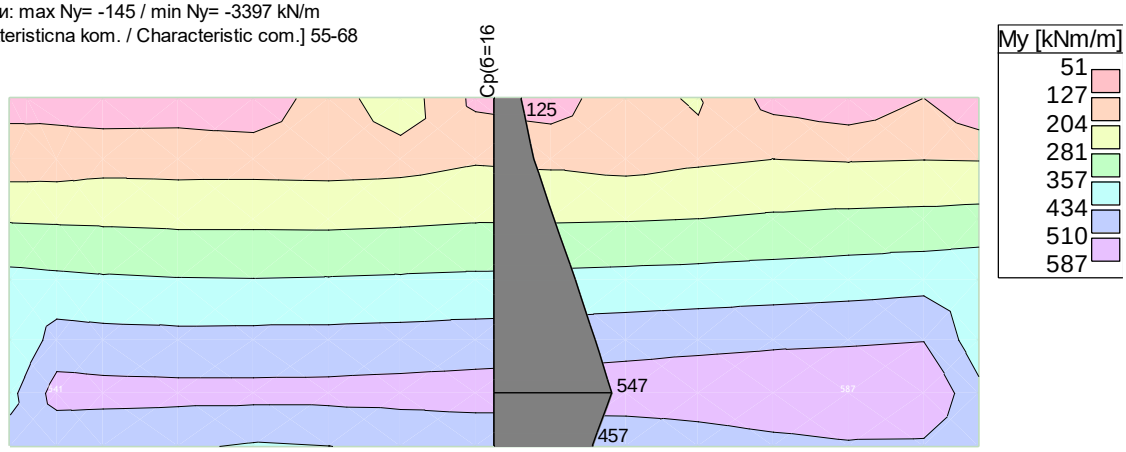
10.3.4 Контрола граничних стања употребљивост / Serviceability limit states

10.3.4.1 Стаички утицаји у стубу услед карактеристичне комбинације оптерећења

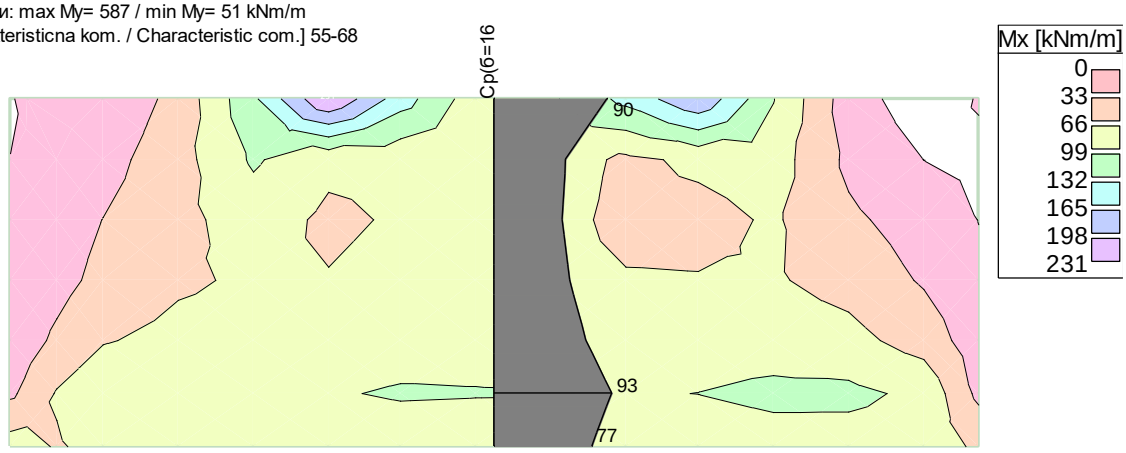
Опт. 78: [Karakteristicna kom. / Characteristic com.] 55-68



Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Ny= -145 / min Ny= -3397 kN/m
Опт. 78: [Karakteristicna kom. / Characteristic com.] 55-68



Рам: K_1
Утицаји у плочи: max My= 587 / min My= 51 kNm/m
Опт. 78: [Karakteristicna kom. / Characteristic com.] 55-68



Рам: K_1
Утицаји у плочи: max Mx= 231 / min Mx= 0 kNm/m

10.3.4.2 Контрола напона и карактеристичне ширине прслина / Stress and Crack control

SLS Loads

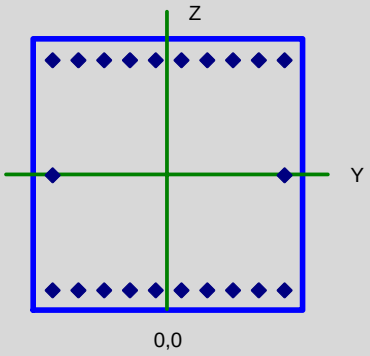
P =	1115	kN	(+ for compression)	
M =	587	kNm	(+ for tension on the bottom)	Calculate stresses

Materials

f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200000	MPa
f_{ck} =	30	MPa			Solved
f_{cm} =	38	MPa	E_{cm} =	32837	MPa
$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	2.90	MPa			
Creep factor, Ct =	2				
Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	10946	MPa	E_s/E_{ctm}=	18.27	

Results of SLS analysis

Neutral axis from compression edge, x =	535.1	mm
Maximum concrete stress, fc.max =	4.05	MPa
Maximum steel stress, fs.max =	54.0	MPa
at y_{st} =	925.5	mm
Number of bars in tension =	10	
Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	925.5	mm
Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0.0004	
Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	6.9E-07	mm^{-1}



Crack width calculations

Limiting crack with $W_{k,max}$ =	0.3	mm		
bar diameter, d_b =	25	mm		
Clear cover, c =	50	mm		
Bar spacing S =	100	mm	≤ 5(clr+db/2) = 312.5 mm	OK

Bond coefficient	k_1 =	1.6	(0.8 for deformed bars and 1.6 for plain bars)
Strain distribution coefficient	k_2 =	0.5	(0.5 for bending, 1.0 for pure tension)
	k_3 =	3.4	(country specific, recommended 3.4, 1.0 used in earlier code)
	k_4 =	0.425	(country specific, recommended 0.425 , 0.25 used in earlier code)
Load duration coefficient	k_t =	0.4	(0.6 for short term and 0.4 for long term loading)

Total section height, H =	1000.0	mm	
h = min(H,y_{st}+db/2+c) =	988.0	mm	Section height adjusted for concrete cover
$h_{c,ef}$ = min[2.5(h-d), (h-x)/3] =	151.0	mm	
$A_{c,eff}$ ($h_{c,ef}$) =	150963	mm^2	
A_{st} =	4910	mm^2	
$r_{p,eff} = A_{st}/A_{c,eff}$ =	0.0325		

Max. crack spacing $S_{r,max}=k_3c+k_1k_2k_4d_b/\rho_{p,eff}$ =	431.3	mm			(7.11)
$S_{r,max}$ = 1.3(h-c) =	1235.0	mm	min of =	431.3 mm	(7.14)

e_{sm}, e_{cm} - steel and conc. strains

$\alpha_e = E_s/E_{cm}$ =	6.09			
$e_{sm}-e_{cm} = [f_s-k_tf_{cf,eff}(1+\alpha_e\rho_{p,eff})/\rho_{p,eff}]/E_s$ =	0.00016	(7.9)		
$0.6f_s/E_s$ =	0.00016	max of =	$e_{sm}-e_{cm}$ =	0.000162
Crack width $W_k=S_{r,max}(e_{sm}-e_{cm})$ =	**0.07 mm**	(7.8)		

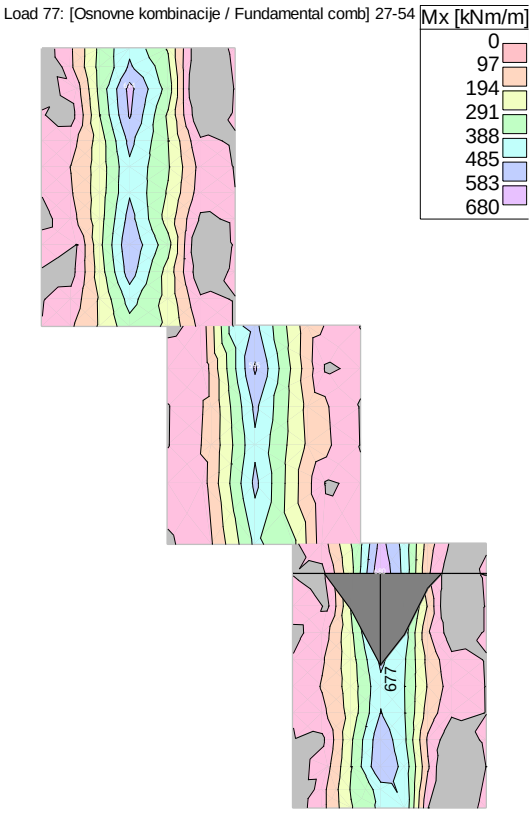
Check maximum crack width	**Wk ≤ Wk,max**	**0.07 mm ≤ 0.3 mm**	**OK**

Услови у погледу ограничења напона и карактеристичне ширине прслина су задовољени

10.4 НАГЛАВНЕ ГРЕДЕ / PILE CAPS

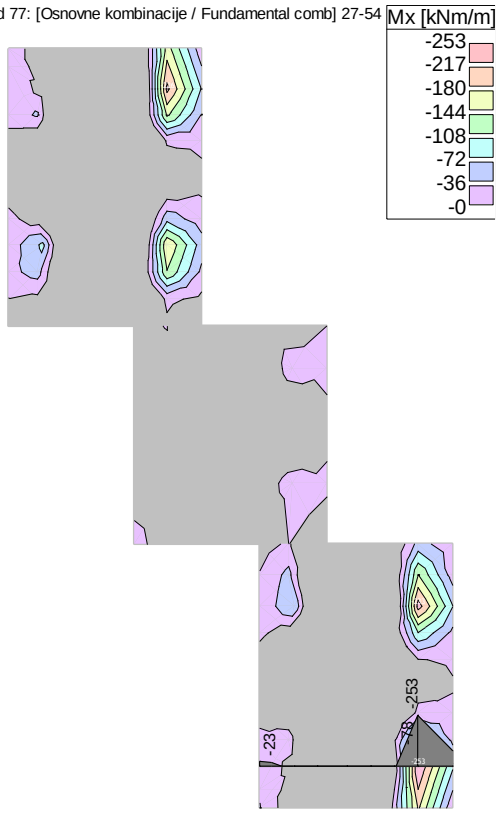
10.4.1 Статички утицаји услед меродавних комбинација оптерећења / Internal forces and moments

Load 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



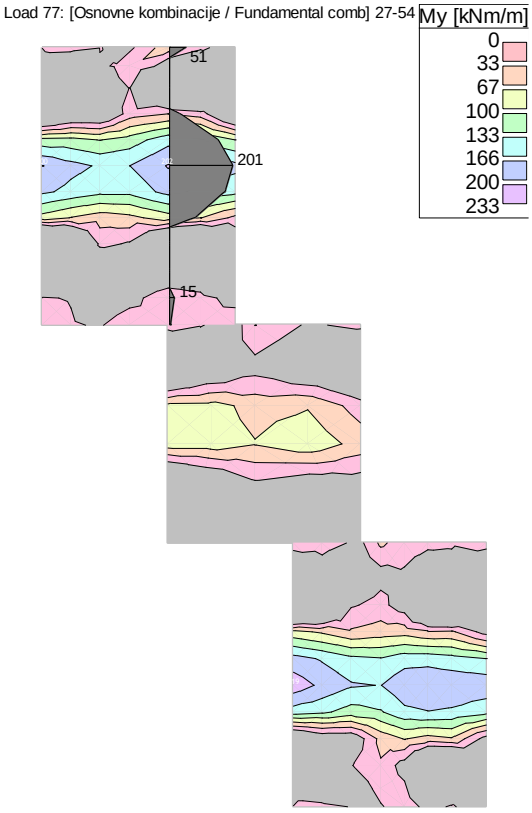
Level: [-5.80 m]
Slab Results: max Mx= 680 / min Mx= 0 kNm/m

Load 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



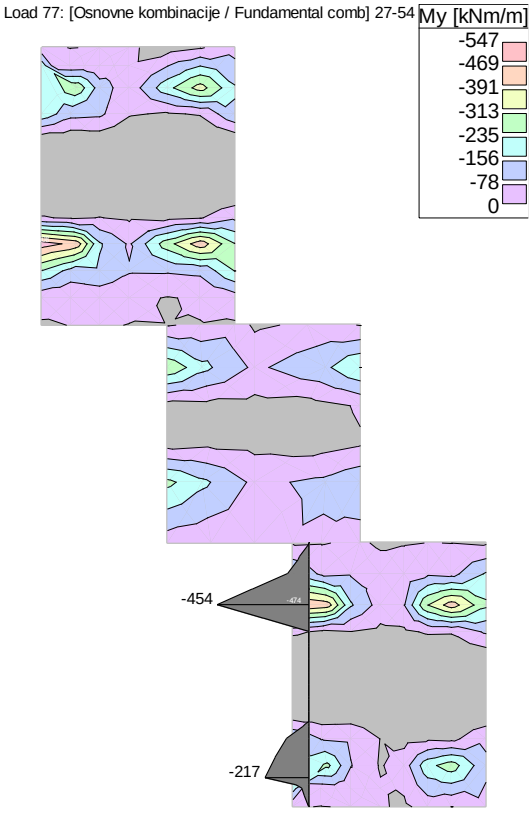
Level: [-5.80 m]
Slab Results: max Mx= 0 / min Mx= -253 kNm/m

Load 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



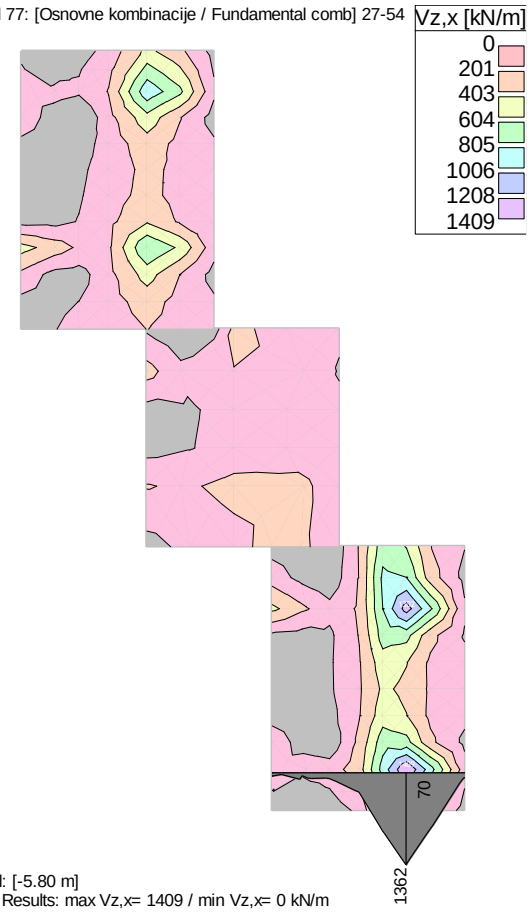
Level: [-5.80 m]
Slab Results: max My= 233 / min My= 0 kNm/m

Load 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



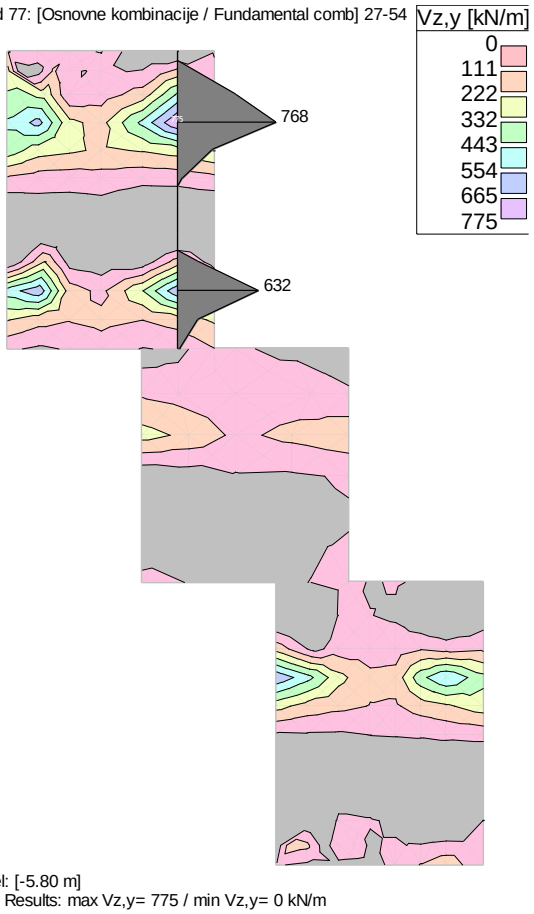
Level: [-5.80 m]
Slab Results: max My= 0 / min My= -547 kNm/m

Load 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



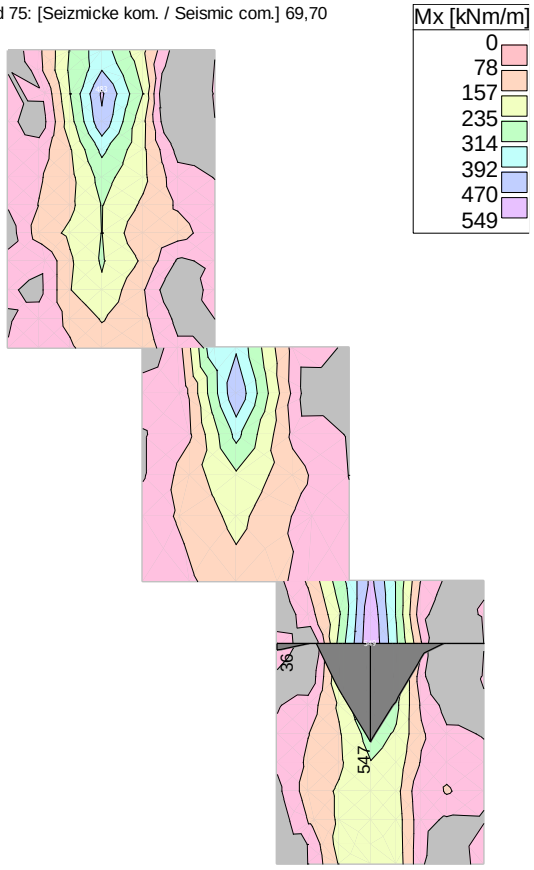
Level: [-5.80 m]
Slab Results: max Vz,x= 1409 / min Vz,x= 0 kN/m

Load 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



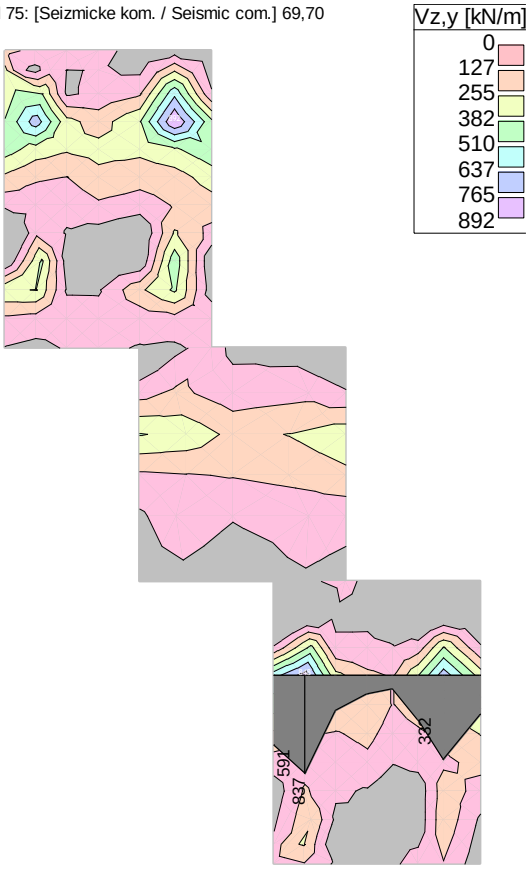
Level: [-5.80 m]
Slab Results: max Vz,y= 775 / min Vz,y= 0 kN/m

Load 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



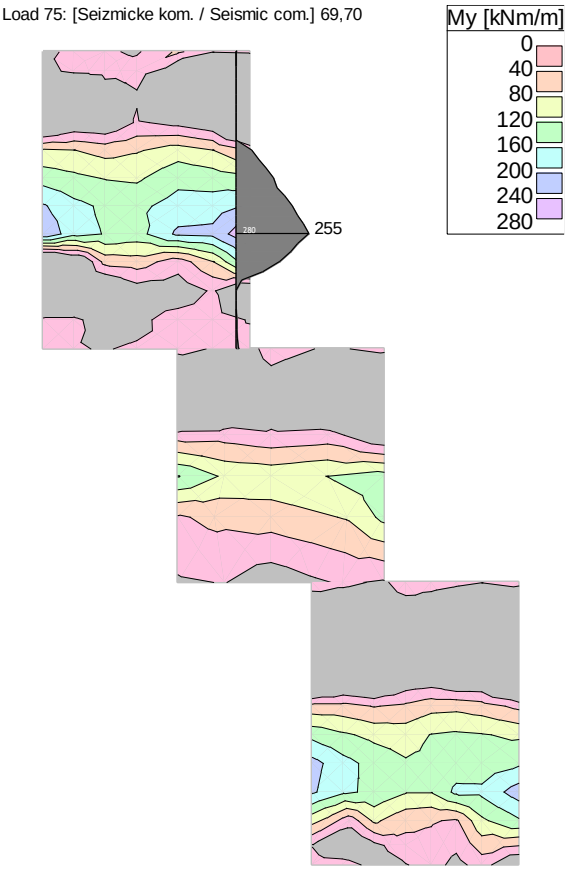
Level: [-5.80 m]
Slab Results: max Mx= 549 / min Mx= 0 kNm/m

Load 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



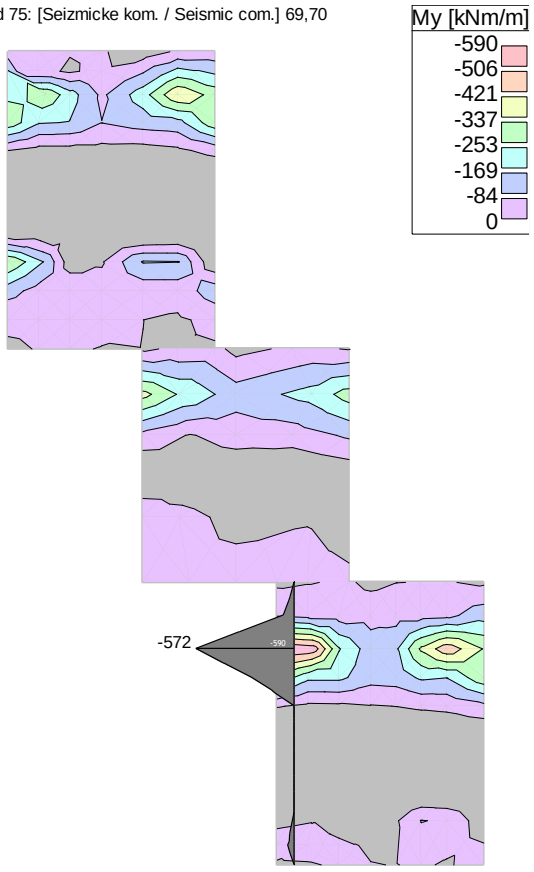
Level: [-5.80 m]
Slab Results: max Vz,y= 892 / min Vz,y= 0 kN/m

Load 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



Level: [-5.80 m]
Slab Results: max My= 280 / min My= 0 kNm/m

Load 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70

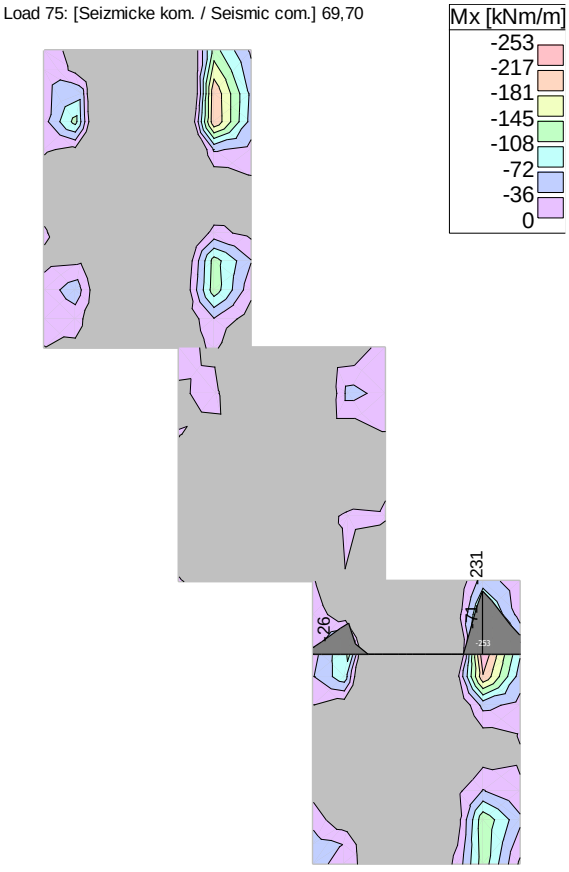


Level: [-5.80 m]
Slab Results: max My= 0 / min My= -590 kNm/m

Load 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70

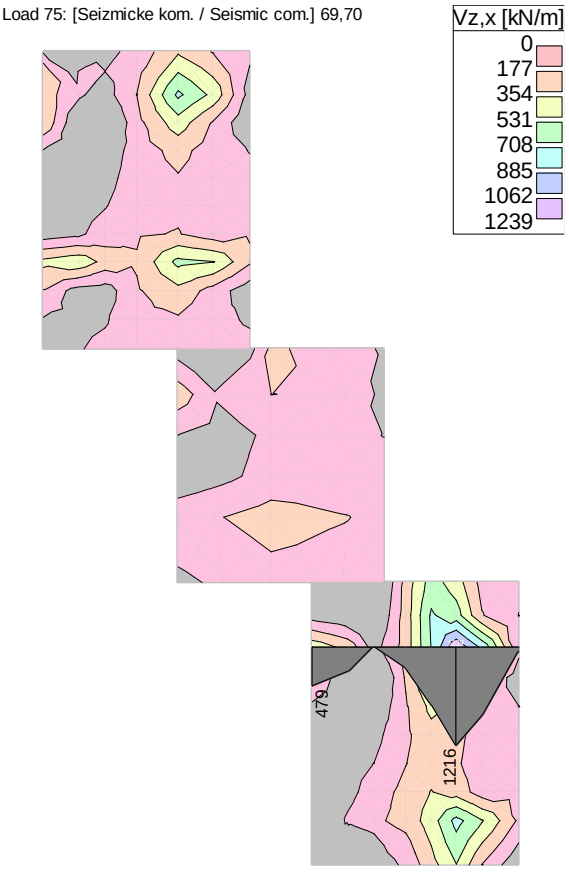
Level: [-5.80 m]
Slab Results: max Mx= 461 / min Mx= 0 kNm/m

Load 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



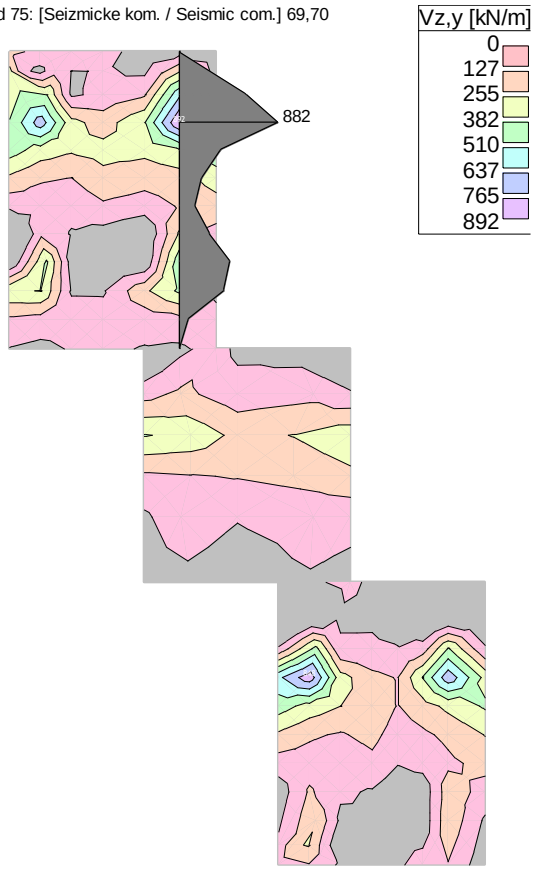
Level: [-5.80 m]
Slab Results: max Mx= 0 / min Mx= -253 kNm/m

Load 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



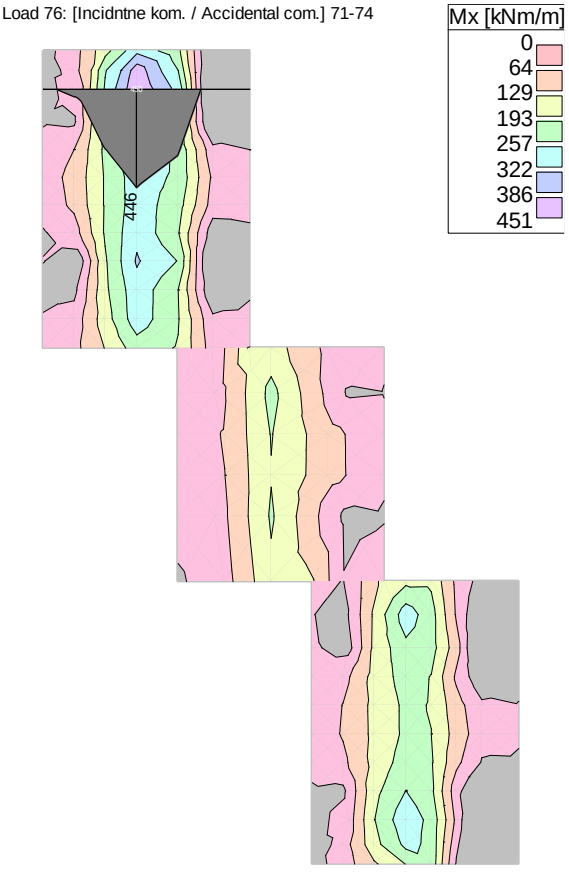
Level: [-5.80 m]
Slab Results: max Vz,x= 1239 / min Vz,x= 0 kN/m

Load 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



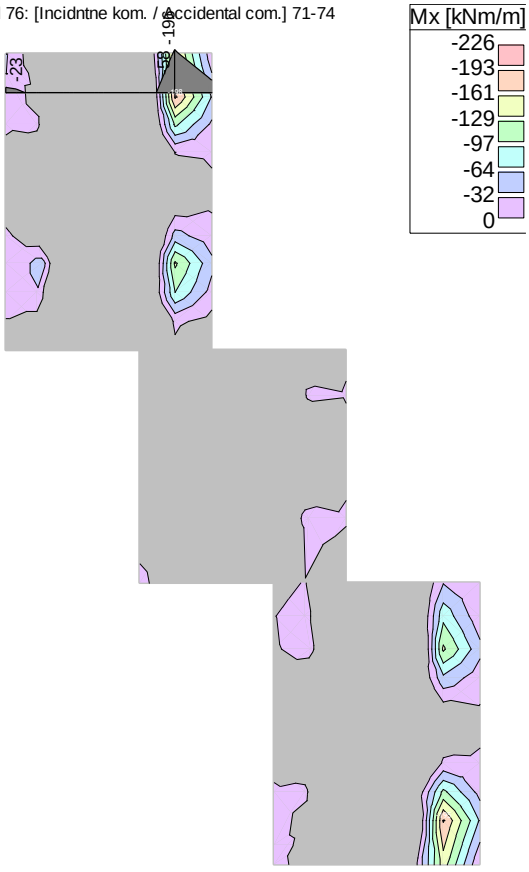
Level: [-5.80 m]
Slab Results: max Vz,y= 892 / min Vz,y= 0 kN/m

Load 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



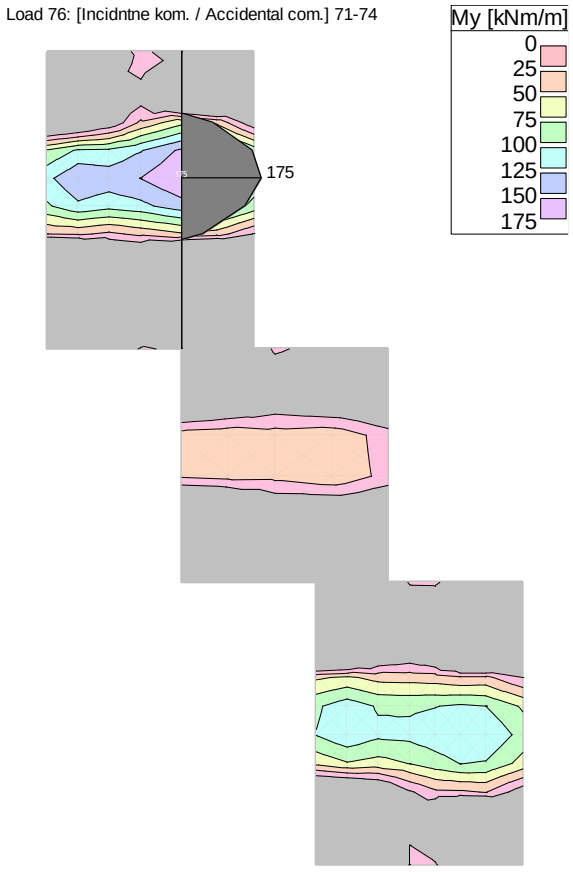
Level: [-5.80 m]
Slab Results: max Mx= 450 / min Mx= 0 kNm/m

Load 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



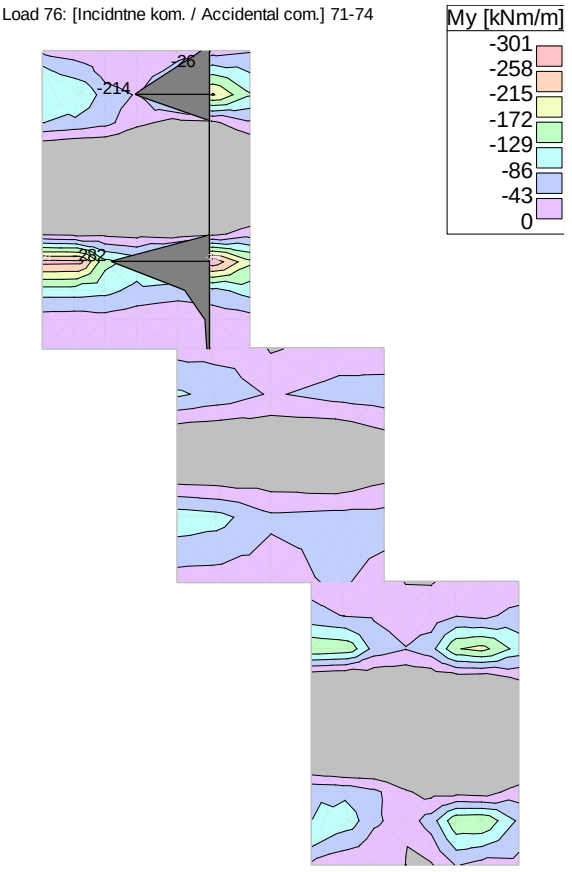
Level: [-5.80 m]
Slab Results: max Mx= 0 / min Mx= -226 kNm/m

Load 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



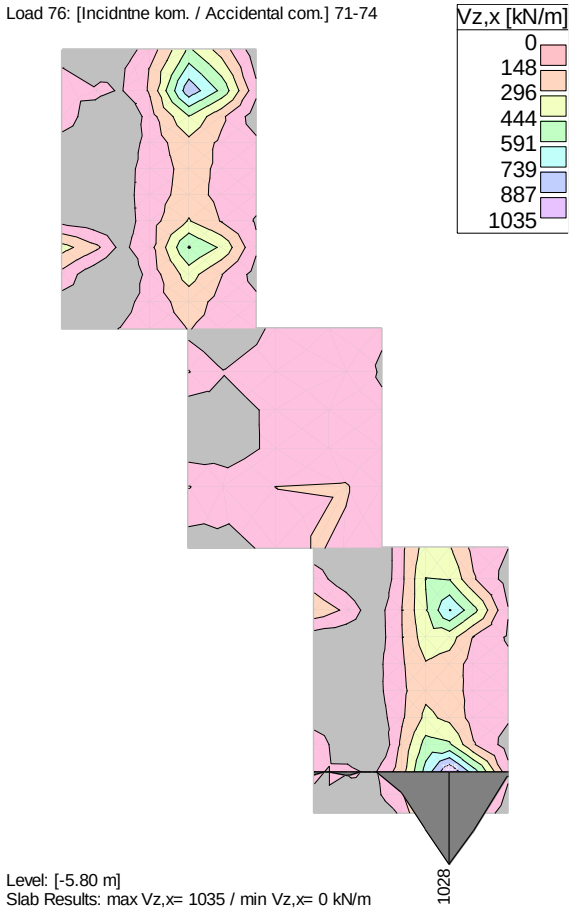
Level: [-5.80 m]
Slab Results: max My= 175 / min My= 0 kNm/m

Load 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



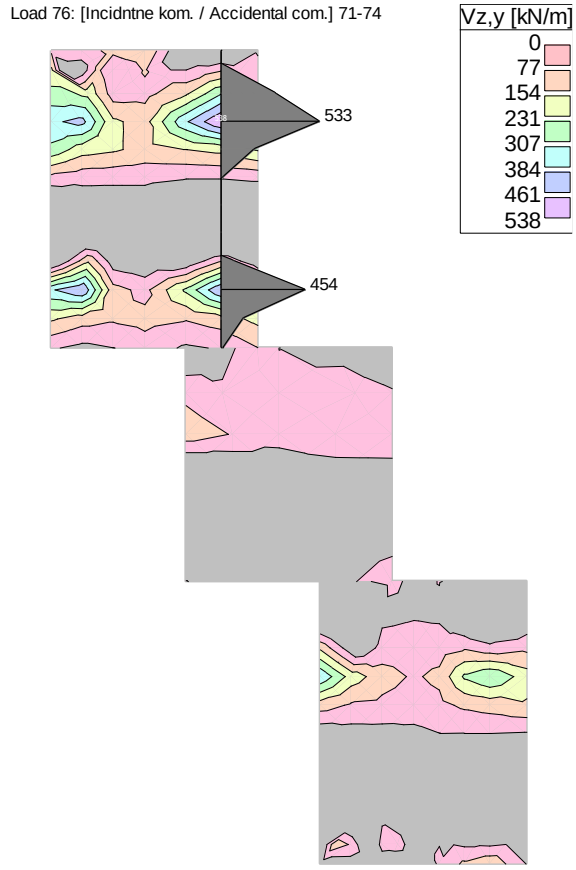
Level: [-5.80 m]
Slab Results: max My= 0 / min My= -301 kNm/m

Load 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



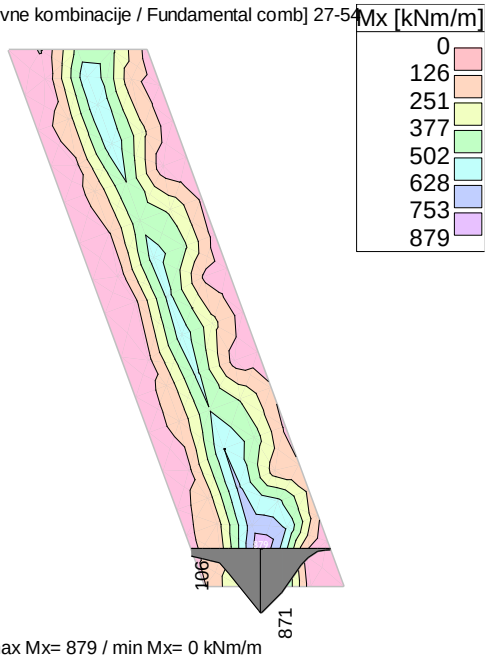
Level: [-5.80 m]
Slab Results: max Vz,x= 1035 / min Vz,x= 0 kNm

Load 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



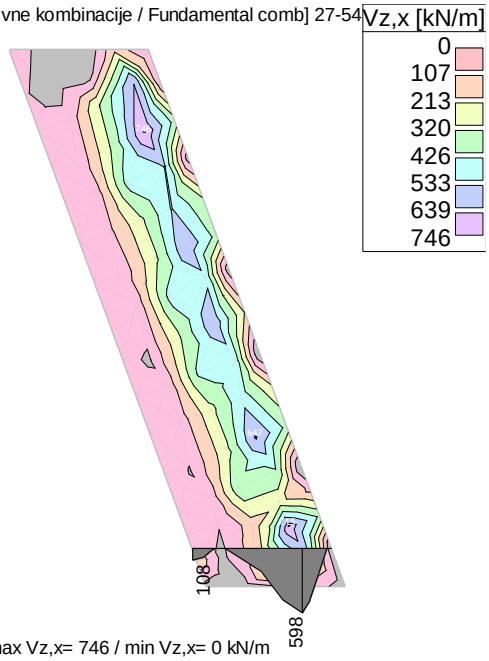
Level: [-5.80 m]
Slab Results: max Vz,y= 538 / min Vz,y= 0 kN/m

Load 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



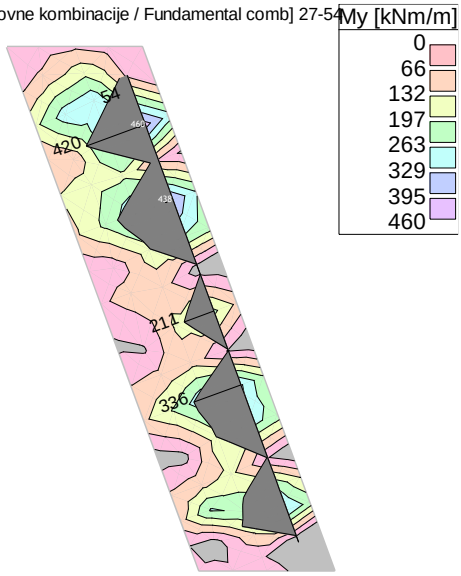
Level: [-6.70 m]
Slab Results: max Mx= 879 / min Mx= 0 kNm/m

Load 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



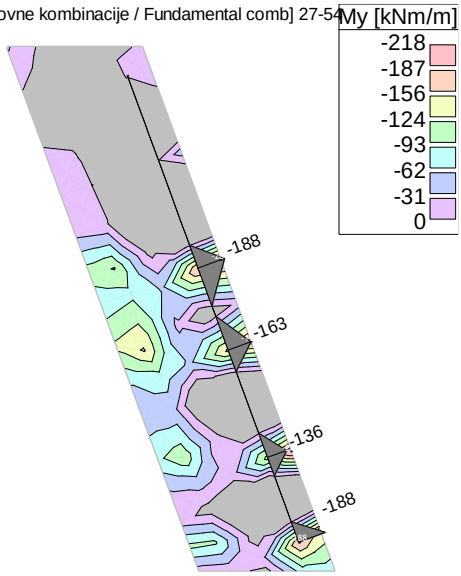
Level: [-6.70 m]
Slab Results: max Vz,x= 746 / min Vz,x= 0 kN/m

Load 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



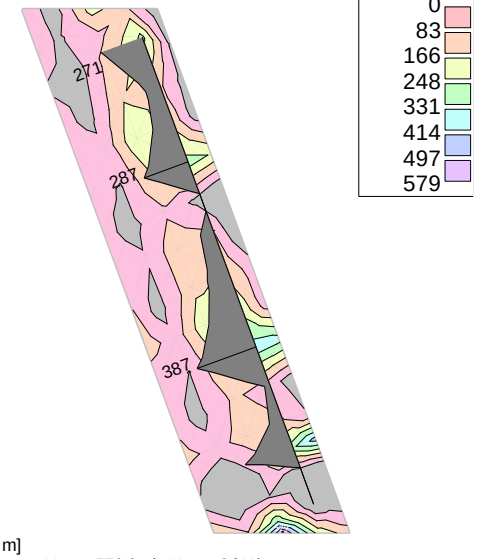
Level: [-6.70 m]
Slab Results: max My= 460 / min My= 0 kNm/m

Load 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



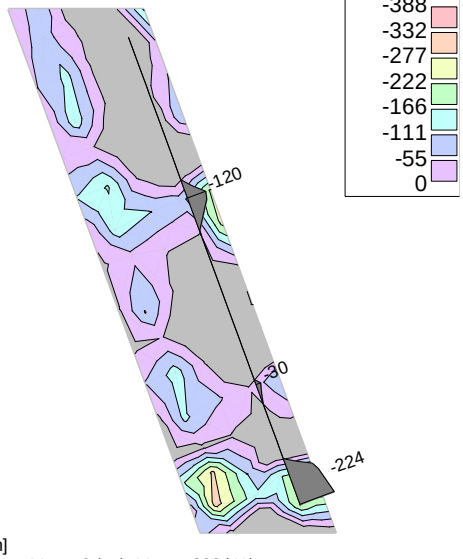
Level: [-6.70 m]
Slab Results: max My= 0 / min My= -218 kNm/m

Load 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



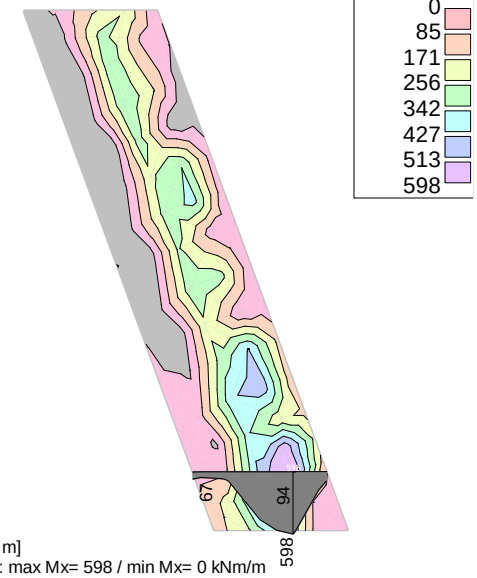
Level: [-6.70 m]
Slab Results: max Vz,y= 579 / min Vz,y= 0 kN/m

Load 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



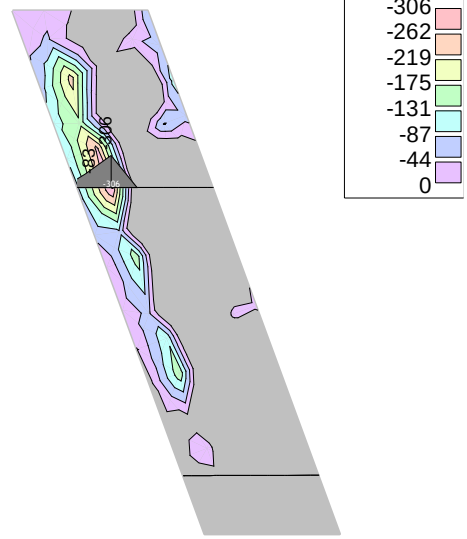
Level: [-6.70 m]
Slab Results: max Vz,y= 0 / min Vz,y= -388 kN/m

Load 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



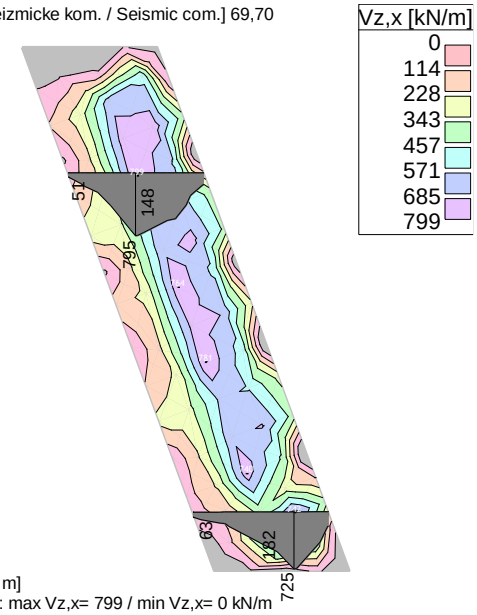
Level: [-6.70 m]
Slab Results: max Mx= 598 / min Mx= 0 kNm/m

Load 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



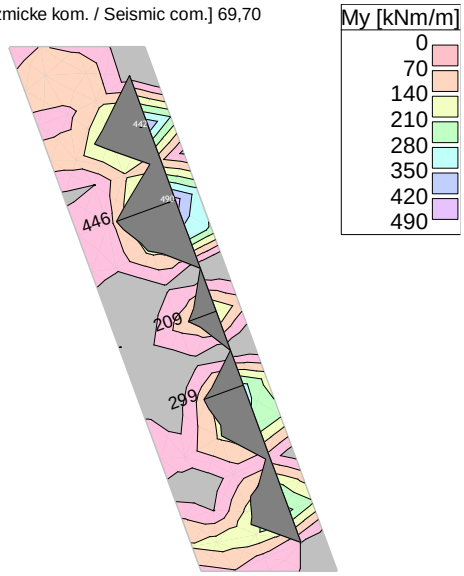
Level: [-6.70 m]
Slab Results: max Mx= 0 / min Mx= -306 kNm/m

Load 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



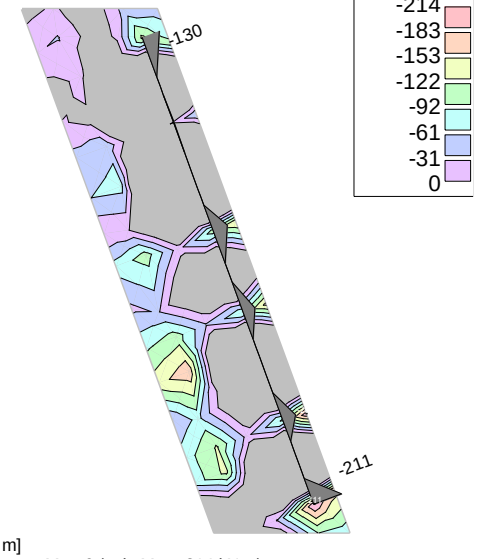
Level: [-6.70 m]
Slab Results: max Vz,x= 799 / min Vz,x= 0 kN/m

Load 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



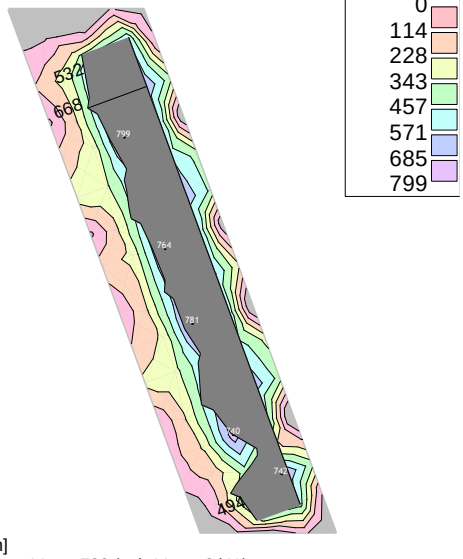
Level: [-6.70 m]
Slab Results: max My= 490 / min My= 0 kNm/m

Load 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



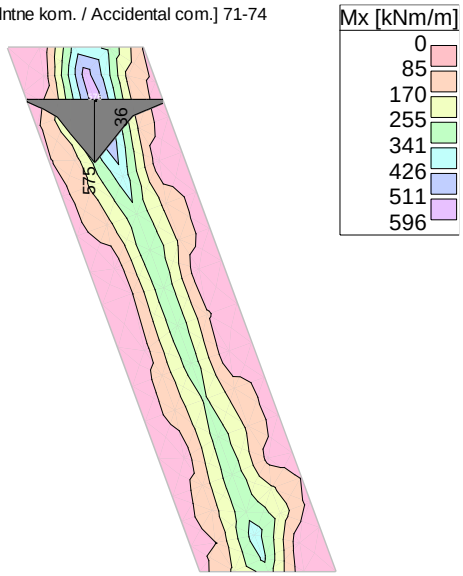
Level: [-6.70 m]
Slab Results: max My= 0 / min My= -214 kNm/m

Load 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



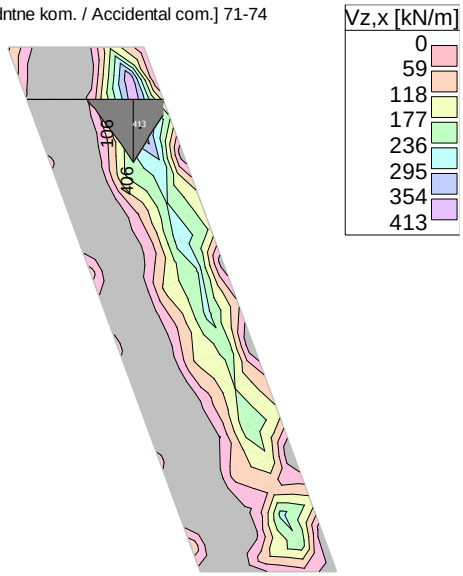
Level: [-6.70 m]
Slab Results: max Vz,x= 799 / min Vz,x= 0 kN/m

Load 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



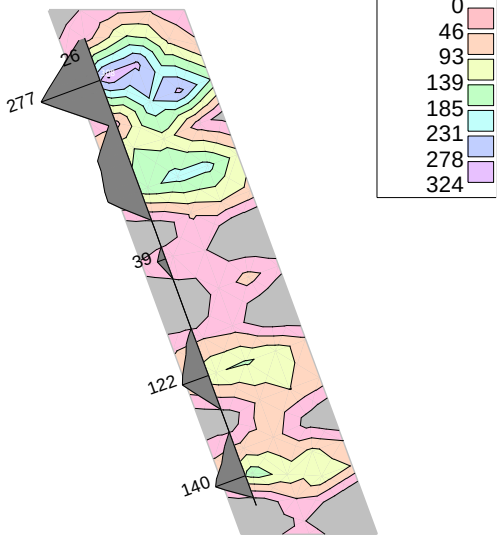
Level: [-6.70 m]
Slab Results: max Mx= 596 / min Mx= 0 kNm/m

Load 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



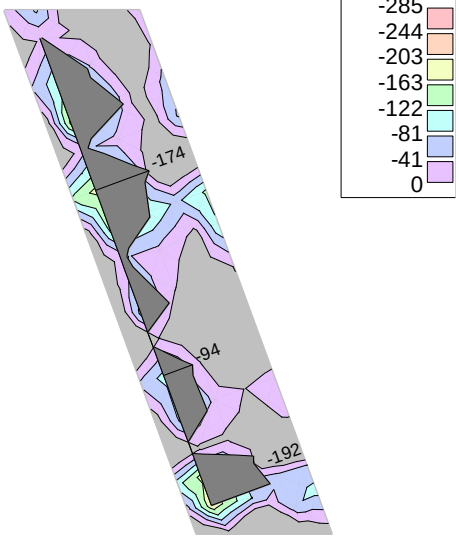
Level: [-6.70 m]
Slab Results: max Vz,x= 413 / min Vz,x= 0 kN/m

Load 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



Level: [-6.70 m]
Slab Results: max My= 324 / min My= 0 kNm/m

Load 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



Level: [-6.70 m]
Slab Results: max Vz,y= 0 / min Vz,y= -285 kN/m

10.4.2 Димензионисање / Design

10.4.2.1 Минимална и максимална арматура / Minimum and maximum reinforcement areas

$A_{s,\min}=0.26\frac{f_{ctm}}{f_{yk}}\cdot b\cdot d=0.26\frac{0.26}{50}\cdot 100\cdot 150=20.28cm^2$ (СРПС ЕН EN 1992-1-1, 9.2)

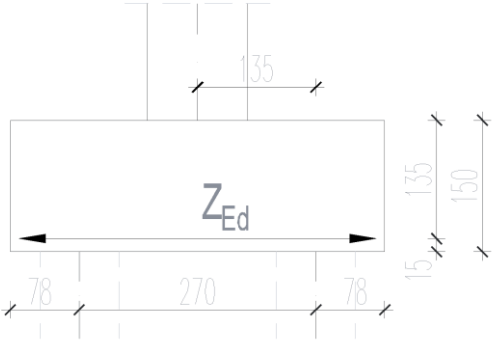
$A_{s,\max}=0.04\cdot b\cdot d=0.04\cdot 100\cdot 150=600cm^2$

$$\rho_{w,\min}=A_{sw,\min}/(s\cdot b\cdot\sin\alpha)=(0.08\sqrt{f_{ck}})/f_{yk}=0.32\%$$

$$s_{st}=20cm<s_{st,\max}=0.75\cdot d=0.75\cdot 120=90cm$$

10.4.2.2 Димензионисање арматуре у попречном правцу / Reinforcement in transverse direction

Максимална нормална сила у шипу јавља се услед основне комбинације оптерећења (УЛС) као што је приказано у Поглављу 10.4.2.



$Z_{Ed}=N_{Ed}\cdot 1.35/1.35=3421\cdot 1.35/1.35=3421kN$

$_{pot}A_{s,h}=3421/(2.7\cdot 50/1.15)=29.14cm^2/m$

Усвојено ***±∅20/10*** ($A_s=31.4cm^2/m$)

Димензионисање према трансверзалним силама

$V_{Ed}=3421/0.9=3801$ kN/m

$$\max V_{Rd}=\frac{b\cdot 0.9d\cdot\nu\cdot f_{cd}}{2}\geq V_{Rd,c}=[C_{Rd,c}\cdot k\cdot(100\cdot\rho_l\cdot f_{ck})^{1/3}]\cdot b\cdot d\quad\geq\min V_{Rd,c}=\nu_{\min}\cdot b\cdot d$$

$$k=1+\sqrt{\frac{200}{d}}=1+\sqrt{\frac{200}{1350}}=1.385<2$$

$$\rho_i=\frac{A_{Sl}}{b\cdot d}=\frac{31.4}{100\cdot 135}=0.0023<0.02$$

$$C_{Rd,c}=0.18/\gamma_c=0.18/1.5=0.12$$

$$\nu_{\min}=0.035\cdot k^{3/2}\cdot f_{ck}^{1/2}=0.035\cdot 1.385^{3/2}\cdot 2.5^{1/2}=0.09$$

$$V_{Rd,c}=\left[0.12\cdot 1.385\cdot(100\cdot 0.0023\cdot 2.5)^{1/3}\right]\cdot 100\cdot 135=1866kN/m$$

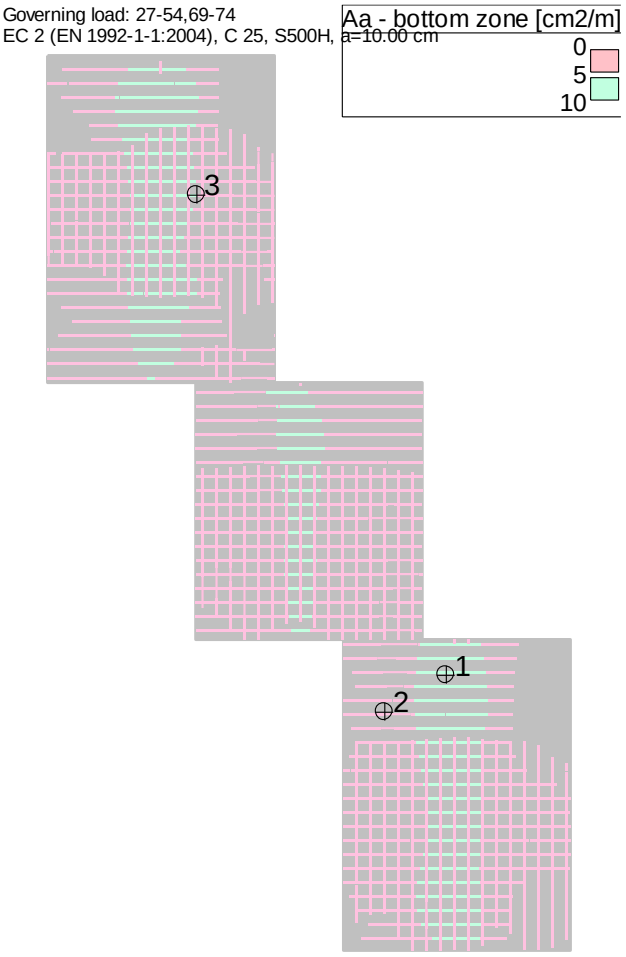
$\min V_{Rdc}=0.09\cdot 100\cdot 150=1350$kN/m < V_{Ed} – потребна арматура

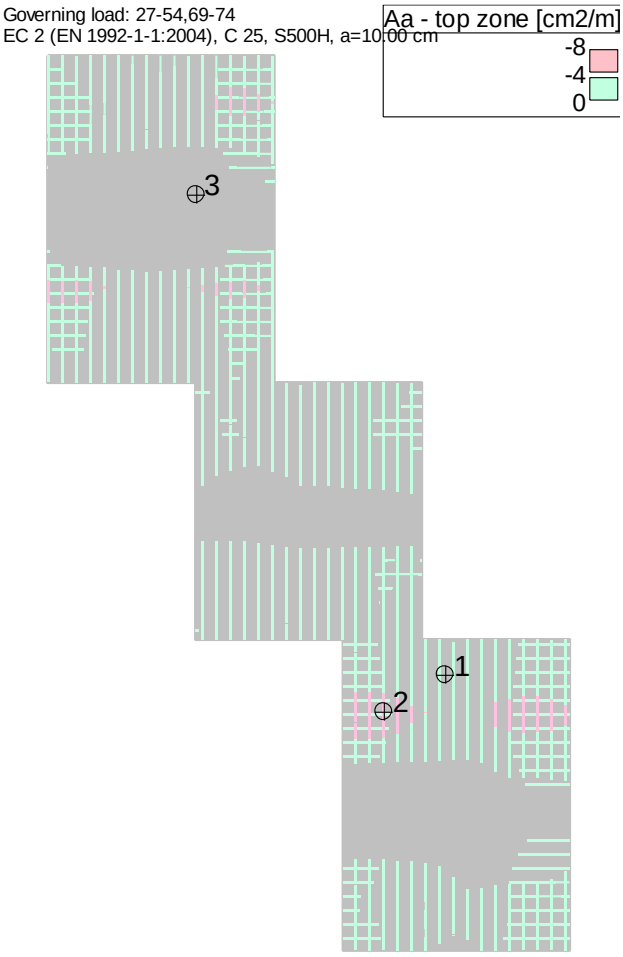
$\max V_{Rd}=\alpha_{cw}\cdot b_w\cdot z\cdot\nu_1\cdot f_{cd}/(\cot\theta+\tan\theta)=1\cdot 100\cdot 135\cdot 0.6\cdot(0.85\cdot 2.5/1.5)/2=5738$kN/m > V_{Rdc}

$A_{sw}=V_{Rd,s}\cdot s/z\cdot f_{ywd}\cdot\cot\theta=3801\cdot 10/(135\cdot 0.9\cdot 0.8\cdot 50\cdot 1/1.15)=9cm^2$ на дужини s

Усвајају се узенгије 2xU*∅14/10* ($A_{sw}=12.32cm^2/m$) у ширини главе шипа на целој дужини

10.4.2.3 Димензионисање арматуре у подужном правцу / Reinforcement in longitudinal direction





Ниво: [-5.80 m]
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
д,пл=150.0 cm
C 25 (γC = 1.50, γS = 1.15)
Горња зона: S500H (a=10.0 cm)
Доња зона: S500H (a=10.0 cm)
Димензионисање групе случајева оптерећења: 27-54,69-74

Тачка 1
X=3 m; Y=4 m; Z=-6 m
Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.50xIII+1.45xIX +1.45xXVI+1.13xXIX+1.00xXX+1.20x XXI
Mu = 589.22 kNm
Nu = 0.00 kN
εb/εa = -1.188/25.000 ‰
Ar1 = 0.00 cm2/m
Ад1 = 9.84 cm2/m

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xXX+0.50xXXI +0.30xXXII+1.00xXXIII
Mu = -53.39 kNm
Nu = 0.00 kN
εb/εa = -0.322/25.000 ‰
Ar2 = 0.88 cm2/m
Ад2 = 0.00 cm2/m

Тачка 2
X=-2 m; Y=13 m; Z=-6 m
Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.50xIII+1.45xVIII +1.45xXV+1.13xXIX+1.00xXX+1.20x XXI
Mu = 302.14 kNm
Nu = 0.00 kN
εb/εa = -0.811/25.000 ‰
Ar1 = 0.00 cm2/m
Ад1 = 5.02 cm2/m

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.50xIII+1.45xVIII +1.45xXV+1.13xXIX+1.00xXX+1.20x XXI
Mu = 201.95 kNm
Nu = 0.00 kN
εb/εa = -0.651/25.000 ‰
Ar2 = 0.00 cm2/m
Ад2 = 3.35 cm2/m

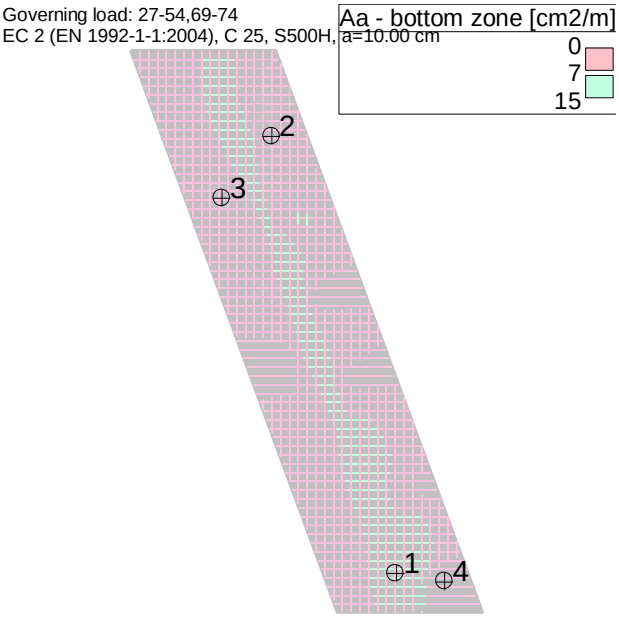
Тачка 3
X=2 m; Y=4 m; Z=-6 m

Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xXX+0.50xXXI
+0.30xXXII+1.00xXXIII
Mu = -119.35 kNm
Nu = 0.00 kN
εb/εa = -0.505/25.000 ‰
Ar1 = 1.97 cm2/m
Ад1 = 0.21 cm2/m

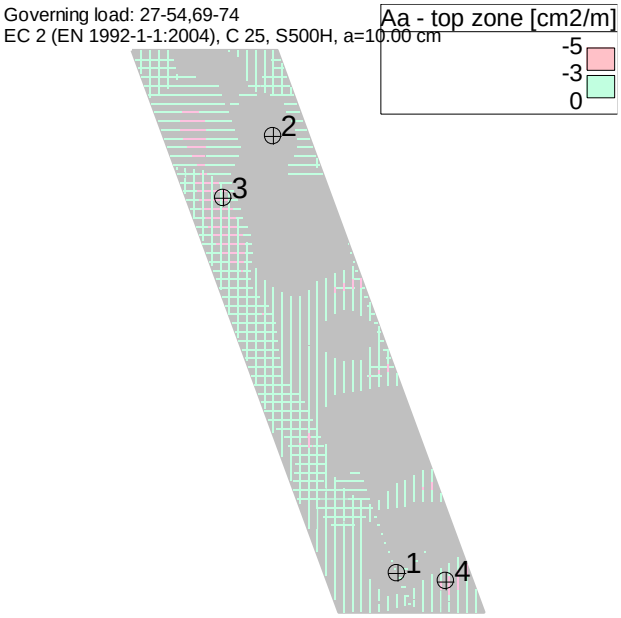
Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xXX+0.50xXXI
+0.30xXXII+1.00xXXIII
Mu = -476.48 kNm
Nu = 0.00 kN
εb/εa = -1.049/25.000 ‰
Ar2 = 7.94 cm2/m
Ад2 = 0.00 cm2/m

Меродавна минимална арматура

Усвојено ***±(∅20/20+∅16/20)*** (A_s=25.75cm^2/m)



Level: [-6.70 m]
Aa - bottom zone - max Aa,d= 15 cm2/m



Level: [-6.70 m]
Aa - top zone - max Aa,g= -5 cm2/m

Ниво: [-6.70 m]
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
д,пл=150.0 cm
C 25 (γC = 1.50, γS = 1.15)
Горња зона: S500H (a=10.0 cm)
Доња зона: S500H (a=10.0 cm)
Димензионисање групе случајева оптерећења: 27-54,69-74

Тачка 1
X=14 m; Y=0 m; Z=-7 m

Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.50xIII+1.45xX
+1.45xXVII+1.13xXIX+1.00xXX+1.20
xXXI
Mu = 878.84 kNm
Nu = 0.00 kN
εb/εa = -1.515/25.000 ‰
Ar1 = 0.07 cm2/m
Ад1 = 14.74 cm2/m

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xXX+0.50xXXI
+0.30xXXII+1.00xXXIII
Mu = 193.09 kNm
Nu = 0.00 kN
εb/εa = -0.635/25.000 ‰
Ar2 = 0.00 cm2/m
Ад2 = 3.20 cm2/m

Тачка 2
X=10 m; Y=13 m; Z=-7 m

Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.50xIII+1.45xVIII
+1.45xXV+1.13xXIX+1.00xXX+1.20x
XXI
Mu = 280.68 kNm
Nu = 0.00 kN
εb/εa = -0.779/25.000 ‰
Ar1 = 0.00 cm2/m
Ад1 = 4.66 cm2/m

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.50xIII+1.45xVIII
+1.45xXV+1.13xXIX+1.00xXX+1.20x
XXI
Mu = 460.39 kNm
Nu = 0.00 kN
εb/εa = -1.029/25.000 ‰
Ar2 = 0.00 cm2/m
Ад2 = 7.67 cm2/m

Тачка 3
X=9 m; Y=12 m; Z=-7 m

Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.50xIII+1.00xXX
+1.00xXXVI
Mu = 186.70 kNm
Nu = 0.00 kN
εb/εa = -0.839/25.000 ‰
Ar1 = 5.14 cm2/m
Ад1 = 2.96 cm2/m

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.50xIII+1.45xX
+1.45xXVII+1.00xXX
Mu = 173.51 kNm
Nu = 0.00 kN
εb/εa = -0.657/25.000 ‰
Ar2 = 1.08 cm2/m
Ад2 = 2.84 cm2/m

Тачка 4
X=16 m; Y=0 m; Z=-7 m

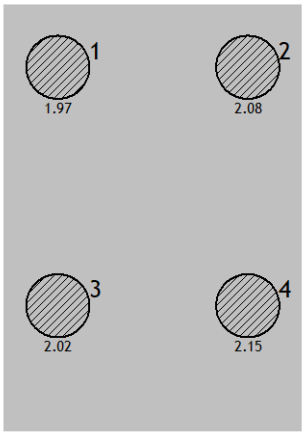
Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xXX+0.50xXXI
+0.30xXXII+1.00xXXIII
Mu = 84.02 kNm
Nu = 0.00 kN
εb/εa = -0.408/25.000 ‰
Ar1 = 0.00 cm2/m
Ад1 = 1.39 cm2/m

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xXX+0.50xXXI
+1.00xXXII+0.30xXXIII
Mu = -211.23 kNm
Nu = 0.00 kN
εb/εa = -0.667/25.000 ‰
Ar2 = 3.50 cm2/m
Ад2 = 0.00 cm2/m

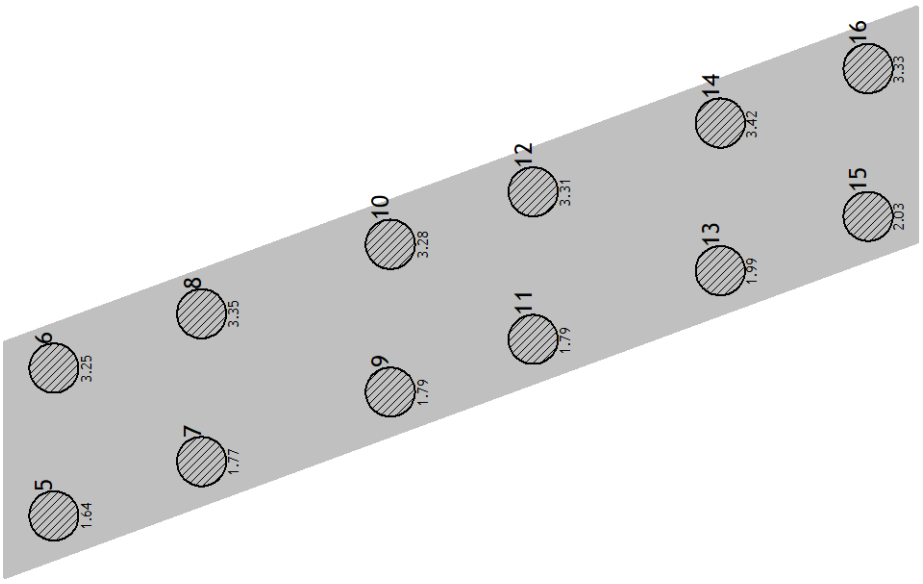
Меродавна минимална арматура

Усвојено ***±(∅20/20+∅16/20)*** (A_s=25.75cm^2/m)

10.4.3 Контрола наглавне греде на пробој / Punching control



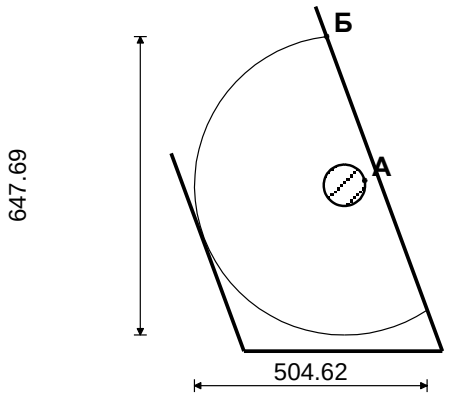
Ниво: [-5.80 m]
Контрола плоча на пробијање - диспозиција

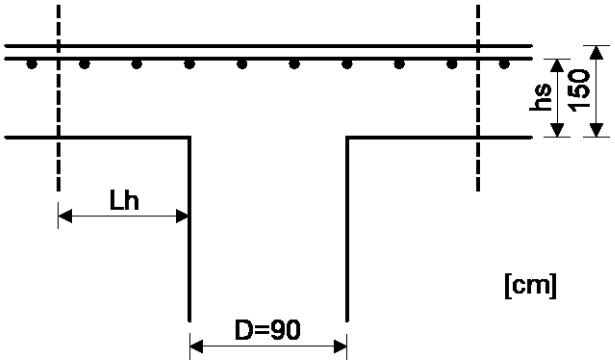


Ниво: [-6.70 m]
Контрола плоча на пробијање - диспозиција

Контрола плоча на пробијање

Ниво: [-6.70 m]
Пресек 14 (14.61,2.93,-6.70)
C 25





КОНТРОЛА ПРЕСЕКА УЗ ИВИЦУ СТУБА
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.50xIII+1.45xX(1)+1.45xXVII+1.13xXIX+XX+1.20xXXI

Сила у стубу	N = 3385.2 kN
Меродавни смичући напон (тачка А)	ved = 0.855 MPa
Дебљина плоче	d,pl = 1.500 m
Статичка висина плоче	hs = 1.400 m
Чврстоћа бетона	fck = 25.000 MPa
Рачунска чврстоћа бетона	fcd = 16.667 MPa
Коефицијент	v = 0.540
Коефицијент	γc = 1.500
Максимална отпорност	vRd,max = 4.500 MPa

Услов: ved <= vRd,max (0.86 <= 4.50)

Услов је испуњен

КОНТРОЛА КРИТИЧНОГ ПРЕСЕКА 1. (Lh = 2.80m од ивице стуба)

Меродавна комбинација:

1.35xI+1.35xII+1.50xIII+1.45xX(1)+1.45xXVII+1.13xXIX+XX+1.20xXXI

Сила у стубу	N =	3385.2 kN
Меродавни смичући напон (тачка Б)	ved =	0.206 MPa
Дебљина плоче	d,pl =	1.500 m
Статичка висина плоче	hs =	1.400 m
Обим критичног пресека	u1 =	11.726 m
Чврстоћа бетона	fck =	25.000 MPa
Рачунска чврстоћа бетона	fcd =	16.667 MPa
Коефицијент	v =	0.540
Коефицијент	γc =	1.500
Максимална отпорност	vRd,max =	4.500 MPa

Услов: ved <= vRd,max (0.21 <= 4.50)

Услов је испуњен

Проценат армирања	ρ =	0.000 %
Коефицијент	CRd,c =	0.120
Коефицијент	K1 =	0.100
Коефицијент	k,vmin=	0.035
Коефицијент	vmin=	0.283
Нормални напон у бетону	σcp =	-0.170 MPa

Отпорност на пробијање плоче без додатне арматуре за обезбеђење

vRd,c = -0.017 MPa

Услов: ved <= vRd,c (0.21 <= -0.02)

Потребна је додатна арматура за обезбеђење од пробијања плоче.

Однос	ved / vRd,c =	-12.308

Арматура за обезбеђење од пробијања плоче S500H

Угао према главној арматури	α =	90°
Размак између шипки у радијалном правцу	sr =	10.000 cm
Потребна површина арматуре	Asw =	3.420 cm2

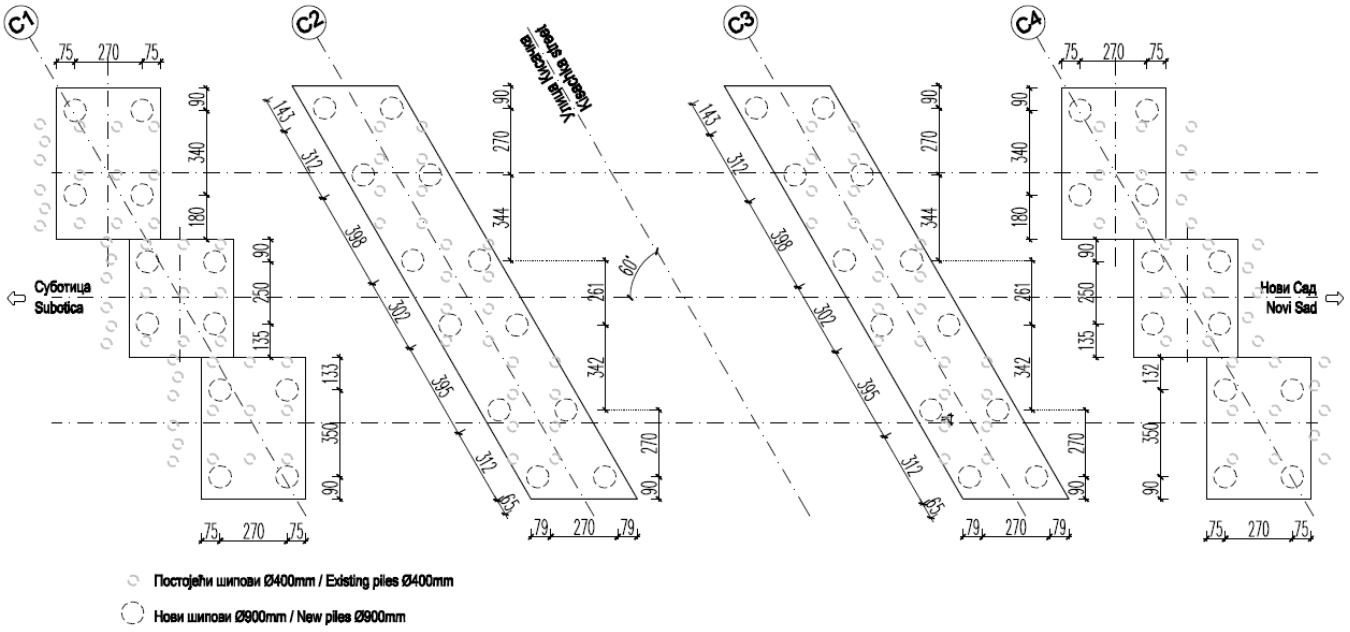
Усвојене четворосечне узенгије у попречном правцу имају довољну носивост

2UØ14/10 (A_{sw}= 6.16cm^2)

У подужним правцу усвајају се ***UØ12/10*** (A_{sw}= 4.52cm^2)

10.5 ШИПОВИ / PILES

Основа шипова и постојећих шипова / Layout of piles and existing piles



10.5.1 Силе у нивоу базе шипа / Reactions

Обални стубови / Abutments

Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54

2037(R3) 2152(R3)
921(R3) 1331(R3)

2082(R3) 2205(R3)
608(R3) 1084(R3)

1668(R3) 2020(R3)
452(R3) 1056(R3)

1457(R3) 1811(R3)
251(R3) 860(R3)

2175(R3) 2194(R3)
719(R3) 1097(R3)

1850(R3) 1868(R3)
723(R3) 1098(R3)

Ниво: [-23.80 m]
Реакције ослонаца (Мин/Макс)

Load 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70

1308(R3) 2322(R3)
677(R3) 2242(R3)

214(R3) 1764(R3)
124(R3) 1139(R3)

1176(R3) 1857(R3)
581(R3) 1816(R3)

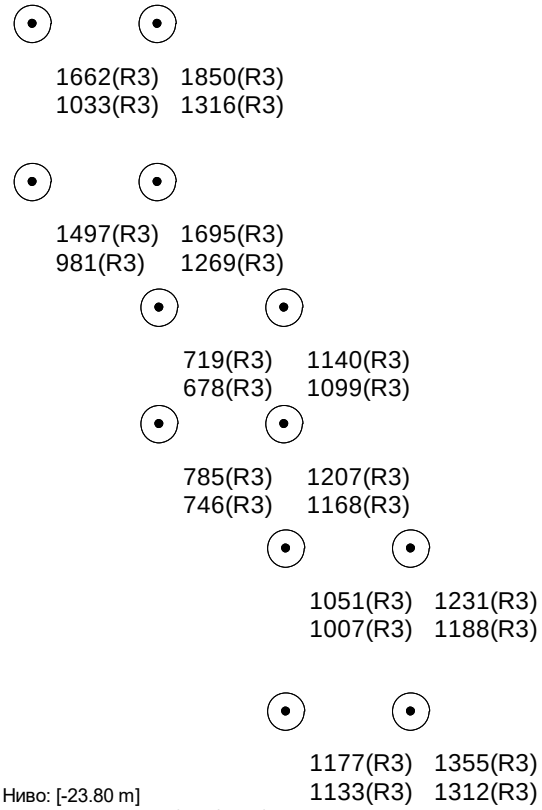
71(R3) 1305(R3)
28(R3) 711(R3)

1484(R3) 2366(R3)
802(R3) 2353(R3)

17(R3) 1572(R3)
7(R3) 886(R3)

Level: [-23.80 m]
Support Reactions (Min/Max)

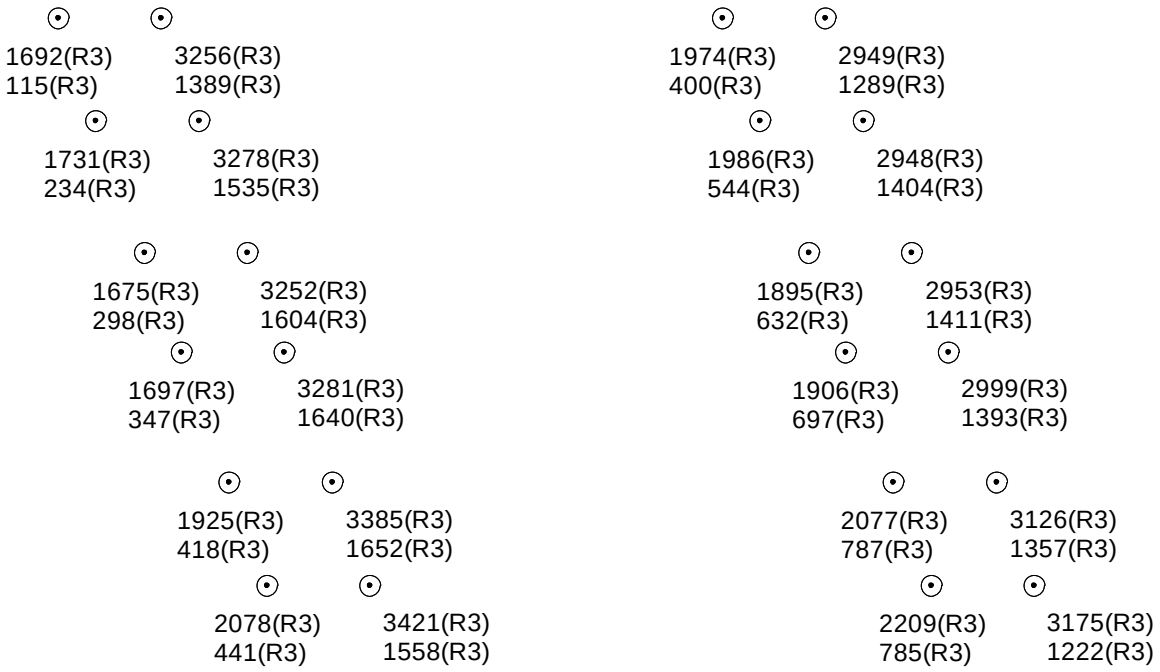
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



Ниво: [-23.80 m]
Реакције ослонаца (Мин/Макс)

Стубови / Piers

Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



Ниво: [-25.45 m]
Реакције ослонаца (Мин/Макс)

Load 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70

1008(R3) 2733(R3)
-372(R3) 2605(R3)

789(R3) 2691(R3)
-331(R3) 2531(R3)

508(R3) 2766(R3)
-275(R3) 2257(R3)

292(R3) 2808(R3)
-228(R3) 2035(R3)

6(R3) 2843(R3)
-159(R3) 1728(R3)

-107(R3) 2837(R3)
-240(R3) 1444(R3)

1181(R3) 2639(R3)
-225(R3) 2495(R3)

951(R3) 2572(R3)
-186(R3) 2419(R3)

654(R3) 2637(R3)
-135(R3) 2125(R3)

425(R3) 2673(R3)
-93(R3) 1890(R3)

120(R3) 2701(R3)
-32(R3) 1565(R3)

13(R3) 2689(R3)
-143(R3) 1267(R3)

Level: [-25.45 m]
Support Reactions (Min/Max)

Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74

1733(R3) 1937(R3)
1001(R3) 1169(R3)

1681(R3) 1825(R3)
1087(R3) 1235(R3)

1531(R3) 1640(R3)
1138(R3) 1271(R3)

1430(R3) 1523(R3)
1168(R3) 1294(R3)

1337(R3) 1412(R3)
1207(R3) 1305(R3)

1356(R3) 1386(R3)
1108(R3) 1148(R3)

1873(R3) 1804(R3)
1127(R3) 1063(R3)

1821(R3) 1687(R3)
1221(R3) 1116(R3)

1664(R3) 1495(R3)
1280(R3) 1141(R3)

1562(R3) 1376(R3)
1315(R3) 1156(R3)

1458(R3) 1278(R3)
1355(R3) 1161(R3)

1466(R3) 1258(R3)
1235(R3) 1004(R3)

Ниво: [-25.45 m]
Реакције ослонаца (Мин/Макс)

Максималне и минималне сила у шиповима и граничне носивости

Стуб / Pier	Основне комб. Fundamental com.		Сеизмичке комб. Seismic com.		Инцидентне комб. Accidental com.		Гранична носивост шипова ø900 L=18m Bearing capacity of piles ø900 L=18m
	maxR3 [kN]	minR3 [kN]	maxR3 [kN]	minR3 [kN]	maxR3 [kN]	minR3 [kN]	Rc [kN]
C1	2205	251	***2366***	7	1850	678	8605
C2	***3421***	234	2843	*-372*	1937	1001	8297
C3	***3421***	234	2843	-372	1937	1001	8383
C4	2205	251	***2366***	7	1850	678	8870

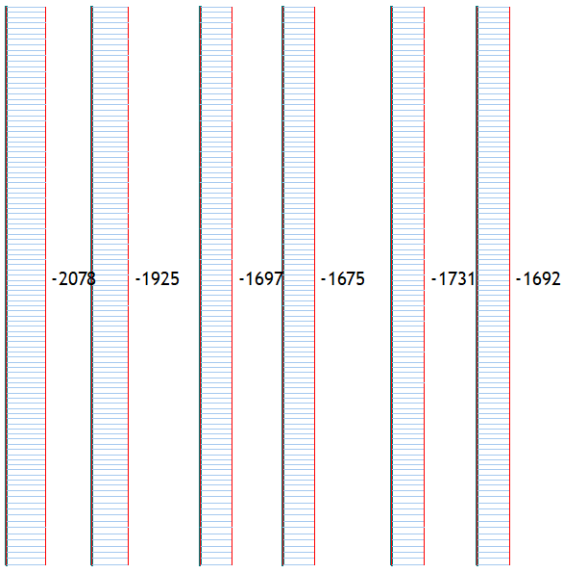
Граничне носивости шипова преузете су из Геотехничког елабората, Прилог 1.

The bearing capacity of piles are taken from the Geotechnical Study, Annex 1.

10.5.2 Статички утицаји услед меродавних комбинација оптерећења / Internal forces

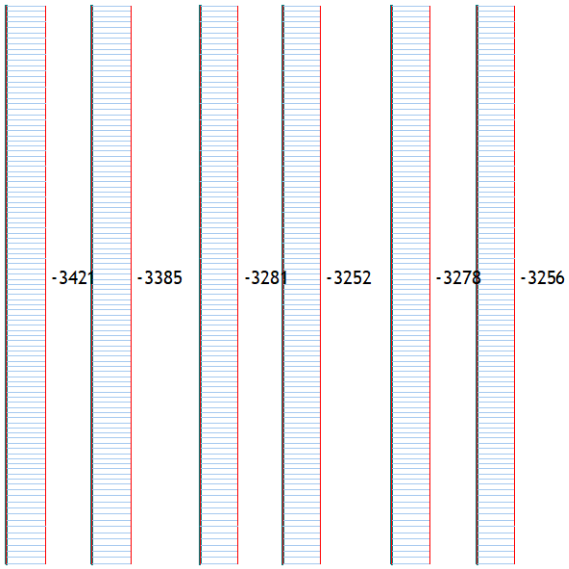
Меродавни статички утицаји за димензионисање шипова јављају се у шиповима средњег стуба C2, па ће у наставку прорачуна бити приказани само утицаји за ове шипове.

Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



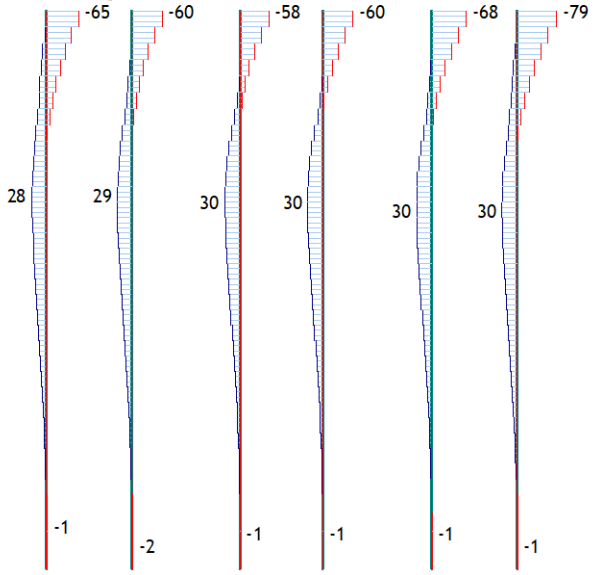
Рам: K_3
Утицаји у греди: max N1= -115 / min N1= -2078 kN

Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54

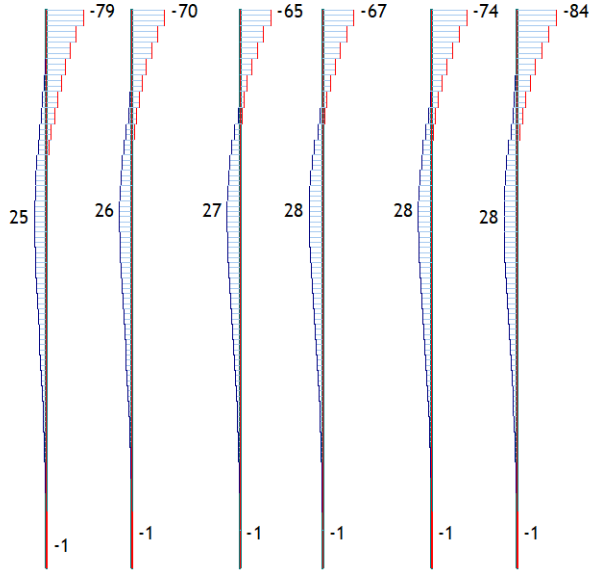


Рам: K_4
Утицаји у греди: max N1= -1389 / min N1= -3421 kN

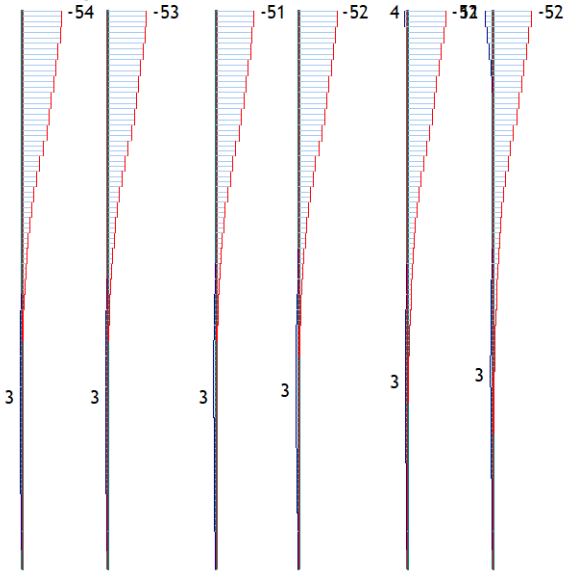
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



Рам: K_3
Утицаји у греди: max T2= 30 / min T2= -79 kN
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54

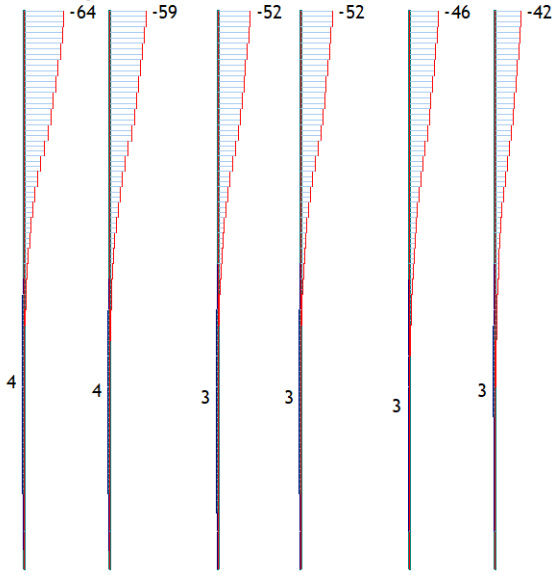


Рам: K_4
Утицаји у греди: max T2= 28 / min T2= -84 kN
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54

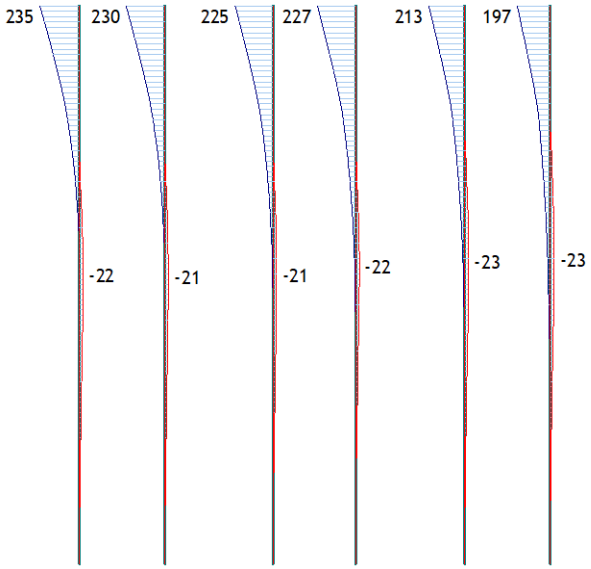


Рам: K_3
Утицаји у греди: max T3= 11 / min T3= -54 kN

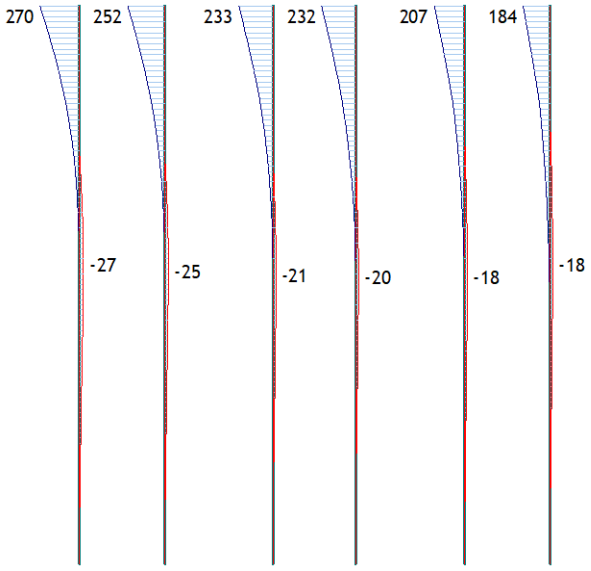
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



Рам: K_4
Утицаји у греди: max T3= 4 / min T3= -64 kN
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54

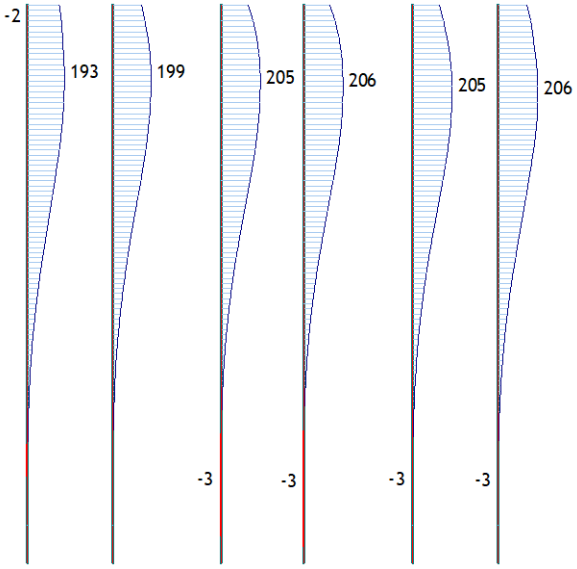


Рам: K_3
Утицаји у греди: max M2= 235 / min M2= -24 kNm
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54

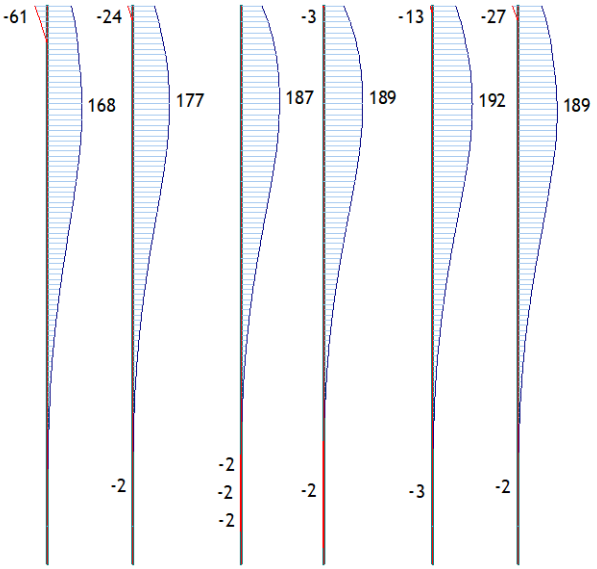


Рам: K_4
Утицаји у греди: max M2= 270 / min M2= -27 kNm

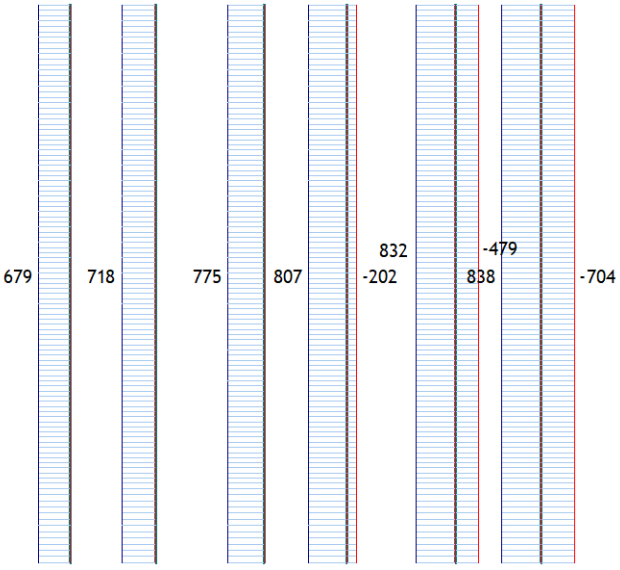
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54



Рам: K_3
Утицаји у греди: max M3= 206 / min M3= -4 kNm
Опт. 77: [Osnovne kombinacije / Fundamental comb] 27-54

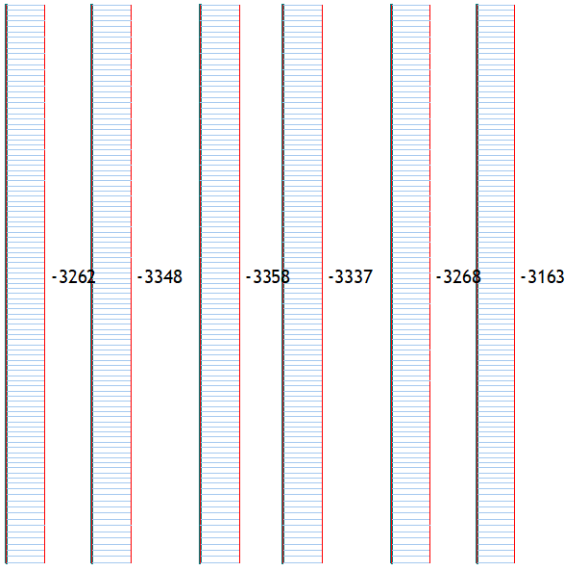


Рам: K_4
Утицаји у греди: max M3= 192 / min M3= -61 kNm
Опт. 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70

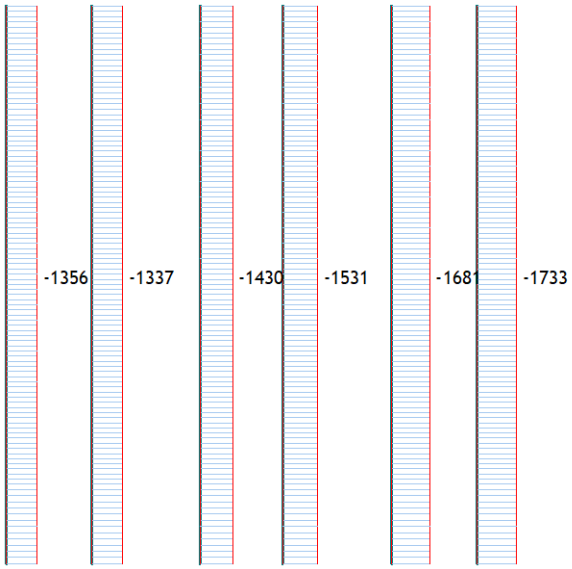


Рам: K_3
Утицаји у греди: max N1= 838 / min N1= -704 kN

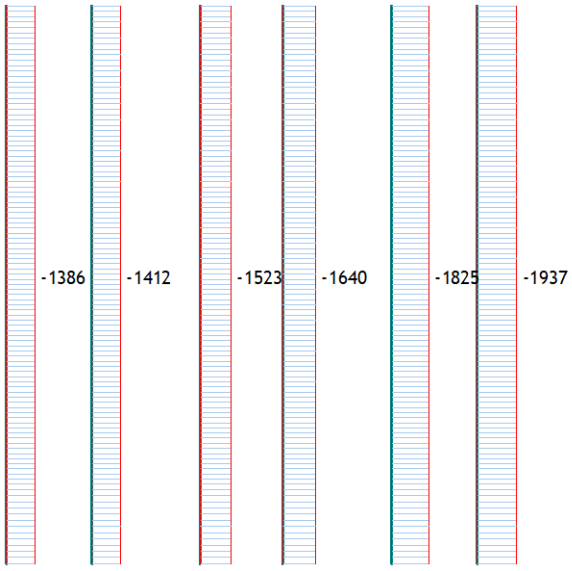
Опт. 75: [Seizmicke kom. / Seismic com.] 69,70



Рам: K_4
Утицаји у греди: max N1= -1692 / min N1= -3358 kN
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74

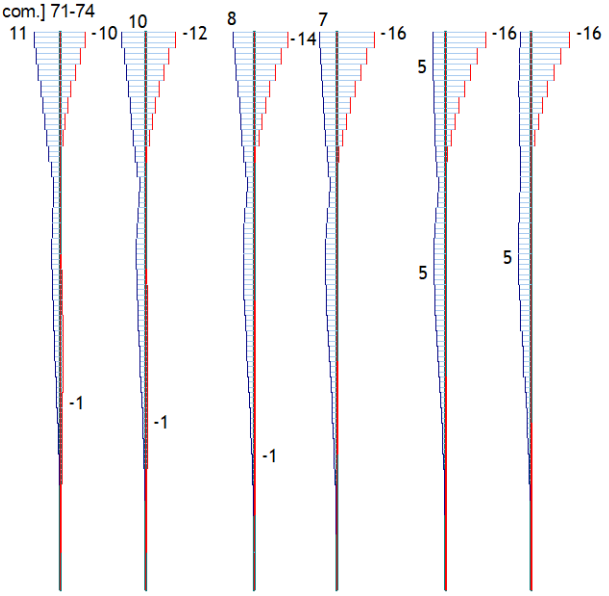


Рам: K_3
Утицаји у греди: max N1= -1001 / min N1= -1733 kN
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



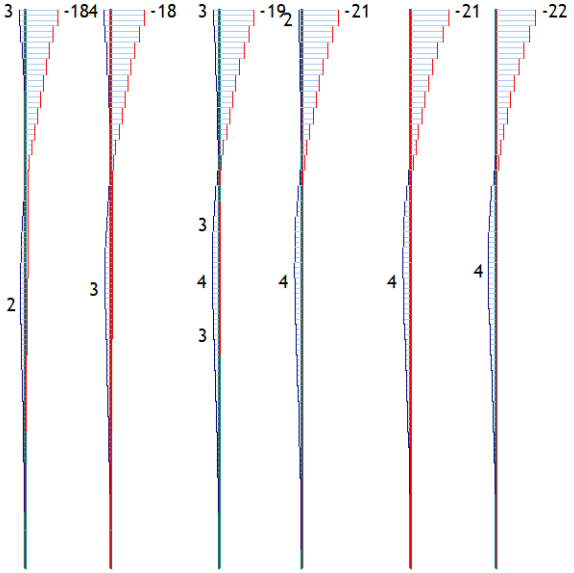
Рам: K_4
Утицаји у греди: max N1= -1148 / min N1= -1937 kN

Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



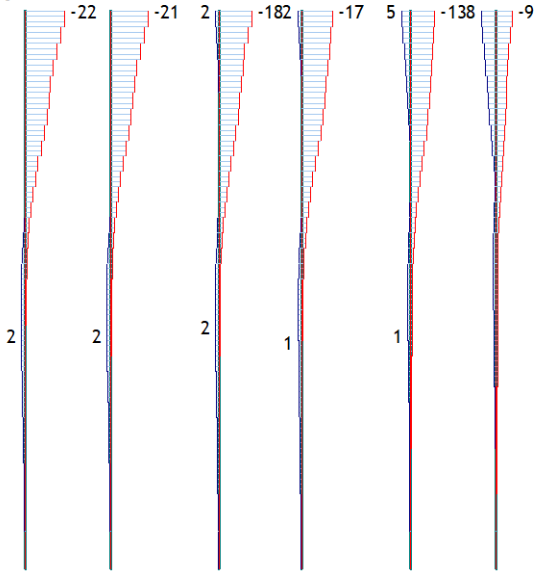
Рам: K_3
Утицаји у греди: max T2= 11 / min T2= -16 kN

Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



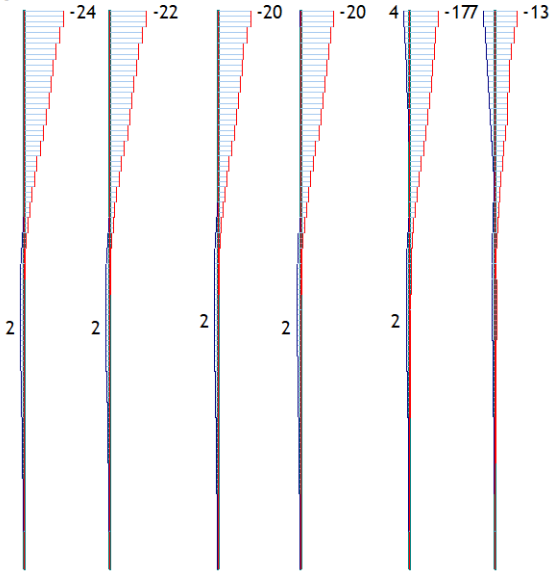
Рам: K_4
Утицаји у греди: max T2= 4 / min T2= -22 kN

Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74

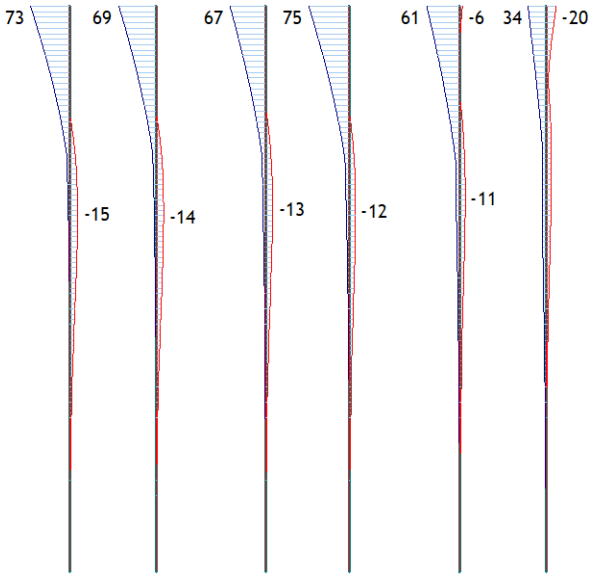


Рам: K_3
Утицаји у греди: max T3= 8 / min T3= -22 kN

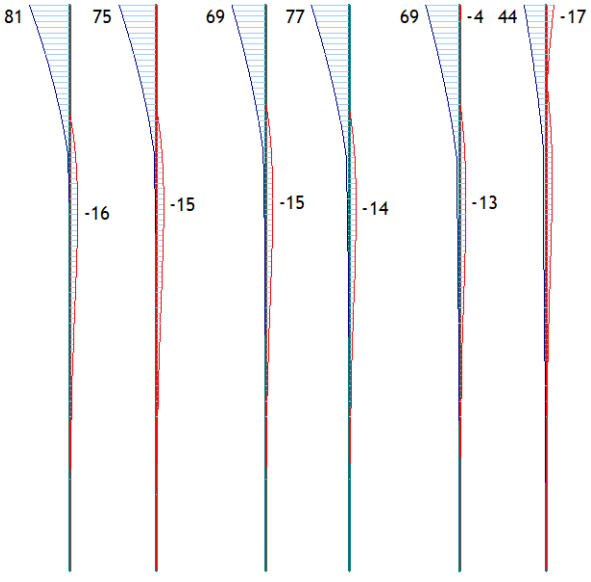
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



Рам: K_4
Утицаји у греди: max T3= 7 / min T3= -24 kN
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74

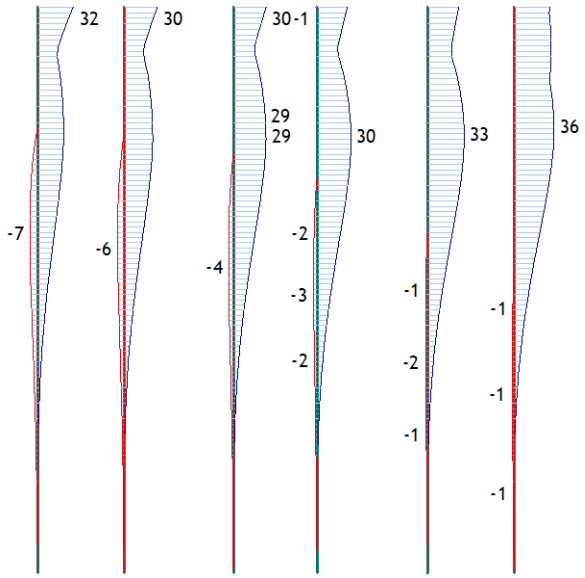


Рам: K_3
Утицаји у греди: max M2= 75 / min M2= -20 kNm
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74

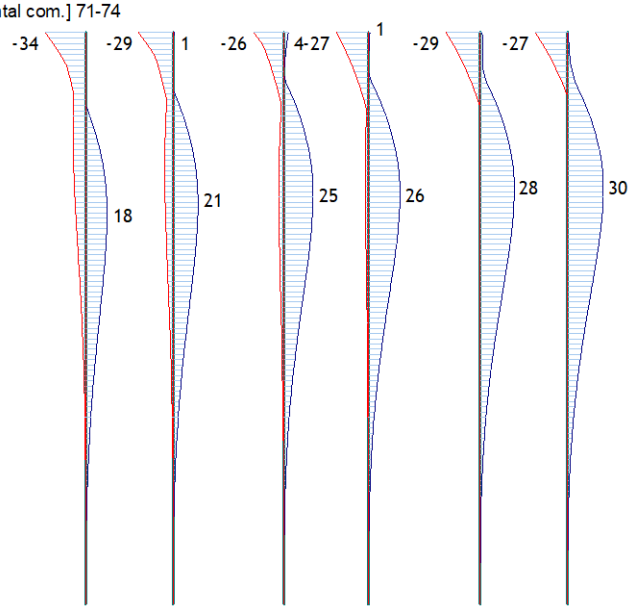


Рам: K_4
Утицаји у греди: max M2= 81 / min M2= -17 kNm

Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



Рам: K_3
Утицаји у греди: max M3= 36 / min M3= -7 kNm
Опт. 76: [Incidntne kom. / Accidental com.] 71-74



Рам: K_4
Утицаји у греди: max M3= 30 / min M3= -34 kNm

10.5.3 Димензионисање шипова / Design

Минимална и максимална површина арматуре у шиповима одређена је у складу са одредбом СРПС ЕН 1992-1-1 и ЕН 1536 Поглавље 7.6.3:

Шиповиі Ø900 L=18m

Подужна арматура:

Табела 9.6N – Препоручене минималне површине подужне арматуре у бушеним шиповима бетонираним на градилишту

Попречни пресек шипа: A_c	Минимална површина подужне арматуре: $A_{s,bpmin}$
$A_c \leq 0{,}5\ m^2$	$A_s \geq 0{,}005 \cdot A_c$
$0{,}5\ m^2 < A_c \leq 1{,}0\ m^2$	$A_s \geq 25\ cm^2$
$A_c > 1{,}0\ m^2$	$A_s \geq 0{,}0025 \cdot A_c$

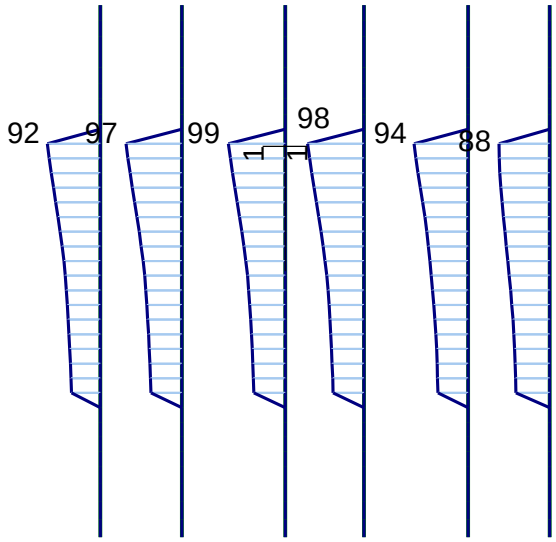
Table 4 — Recommended diameters of transverse reinforcement

Transverse reinforcement	Diameters of transverse reinforcement
Links, hoops or helicoidal reinforcement	≥ 6 mm and ≥ one quarter of the maximum diameter of the longitudinal bars

$A_{s,min}=25cm^2$ $A_{s,max}=0.04\cdot A_c=254cm^2$

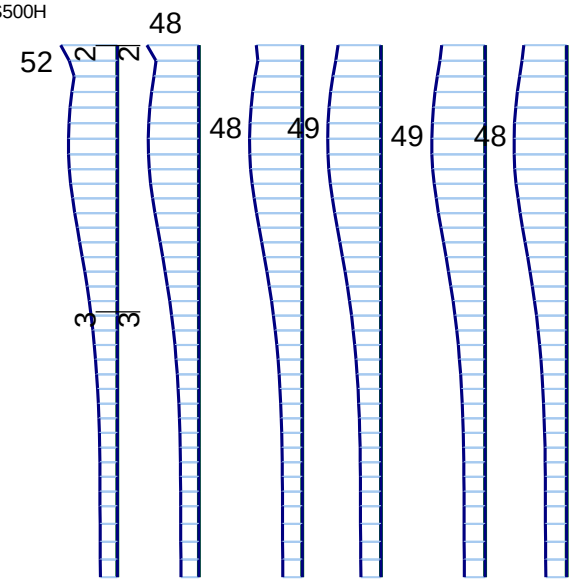
Шипови средњих стубова

Меродавно оптерећење: 27-54,69-74
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 25, S500H



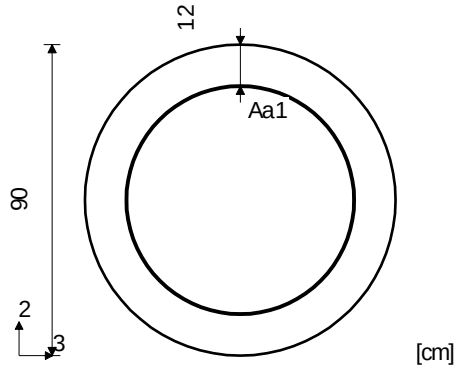
Рам: K_4
Арматура у гредама: max ΣAa= 99 cm2

Меродавно оптерећење: 27-54,69-74
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 25, S500H



Рам: K_3
Арматура у гредама: max ΣAa= 52 cm2

EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
C 25 (γC = 1.50, γS = 1.15)
S500H
Димензионисање групе случајева оптерећења: 27-54,69-74



li,2 = 18.75 m (λ2 = 83.33)
li,3 = 18.75 m (λ3 = 83.33)
Непомерљива конструкција

Пресек 2-2 x = 0.00m
Меродавна комбинација за савијање:
1.00xI+1.00xII+1.00xXX+0.50xXXI
+0.30xXXII+1.00xXXIII
N1u = 570.98 kN
M2u = -474.06 kNm
M3u = 306.53 kNm

Меродавна комбинација за смицање:
1.00xI+1.00xII+1.00xXX+0.50xXXI
+0.30xXXII+1.00xXXIII
T2u = -9.09 kN
T3u = 237.88 kN
M1u = 0.00 kNm

εb/εa = -3.500/11.844 ‰
Aa1 = 52.29 cm2
Aa2 = 0.00 cm2
Aa3 = 0.00 cm2
Aa4 = 0.00 cm2
Aa,уз = 3.90 cm2/m (m=2)

Пресек 1-1 x = 4.88m
Меродавна комбинација за савијање:
1.00xI+1.00xII+1.00xXX+0.50xXXI
+1.00xXXII+0.30xXXIII
N1u = -3358.42 kN
M2u = 105.43 kNm
M3u = 407.26 kNm

Меродавна комбинација за смицање:
1.00xI+1.00xII+1.00xXX+0.50xXXI
+1.00xXXII+0.30xXXIII
T2u = 38.07 kN
T3u = -35.94 kN
M1u = 0.00 kNm

Δe2 = 4.7<e0> + 21.8<eII> = 26.5 cm
|ΔM2| = 888.78 kNm
Δe3 = 4.7<e0> + 19.3<eII> = 24.0 cm
|ΔM3| = 806.48 kNm
εb/εa = -3.500/2.617 ‰
Aa1 = 98.62 cm2
Aa2 = 0.00 cm2
Aa3 = 0.00 cm2
Aa4 = 0.00 cm2
Aa,уз = 0.00 cm2/m (m=2)

Пресек 3-3 x = 9.53m
Меродавна комбинација за савијање:
1.00xI+1.00xII+1.00xXX+0.50xXXI
+1.00xXXII+0.30xXXIII
N1u = 679.44 kN
M2u = 0.69 kNm
M3u = 147.50 kNm

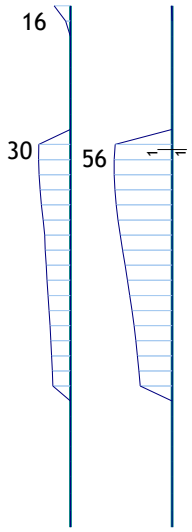
Меродавна комбинација за смицање:
1.00xI+1.00xII+1.00xXX+0.50xXXI
+1.00xXXII+0.30xXXIII
T2u = 52.65 kN
T3u = -10.29 kN
M1u = 0.00 kNm

εb/εa = -3.196/25.000 ‰
Aa1 = 24.18 cm2
Aa2 = 0.00 cm2
Aa3 = 0.00 cm2
Aa4 = 0.00 cm2
Aa,уз = 0.00 cm2/m (m=2)

Усвојено: 16ø28 (A_a=98.62 cm^2) на првих 12m
Усвојено: 8ø28 (A_a=49.31 cm^2) на ппеосталих 6m
Спирална арматура ø10 t=10mm (A_a=7.85cm^2/m)

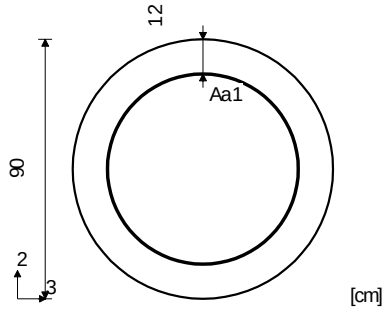
Шипови опораца

Меродавно оптерећење: 28-55,70-75
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 25, S500H



Рам: B_18
Арматура у гредама: max ΣAa= 56 cm²

Греда 6961-4132
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
C 25 (γC = 1.50, γS = 1.15) [СП]
S500H
Димензионисање групе случајева
оптерећења: 28-55,70-75



li,2 = 18.00 m (λ2 = 80.00)
li,3 = 18.00 m (λ3 = 80.00)
Непомерљива конструкција

Пресек 1-1 x = 4.79m
Меродавна комбинација за савијање:
1.00xI+1.00xII+1.00xXX+0.50xXXI+0.30xXXII+1.00xXXIII

N1ed = -2626.92 kN
M2ed = 224.95 kNm
M3ed = 101.97 kNm
Увећање момента савијања услед извијања
Δe2 = 4.5<e0> + 23.7<eII> = 28.2 cm
|ΔM2| = 740.32 kNm
Δe3 = 4.5<e0> + 17.5<eII> = 22.0 cm
|ΔM3| = 578.19 kNm

Меродавна комбинација за смицање:
1.35xI+1.35xII+1.50xIII+1.45xVII
+1.45xXIV+1.13xXIX+1.00xXX+1.20xXXI
V2ed = 28.29 kN
V3ed = -16.71 kN
M1ed = 0.00 kNm

εb/εa = -3.500/3.373 ‰
Aa1 = 54.75 cm²
Aa2 = 0.00 cm²
Aa3 = 0.00 cm²
Aa4 = 0.00 cm²
Aa,уз = 0.00 cm²/m (m=2)

Усвојено: 10ø28 (A_a=61.6 cm²)
Спирална арматура ø10 t=10mm (A_a=7.85cm²/m)

10.5.4 Контрола напона у шиповима / Stress control

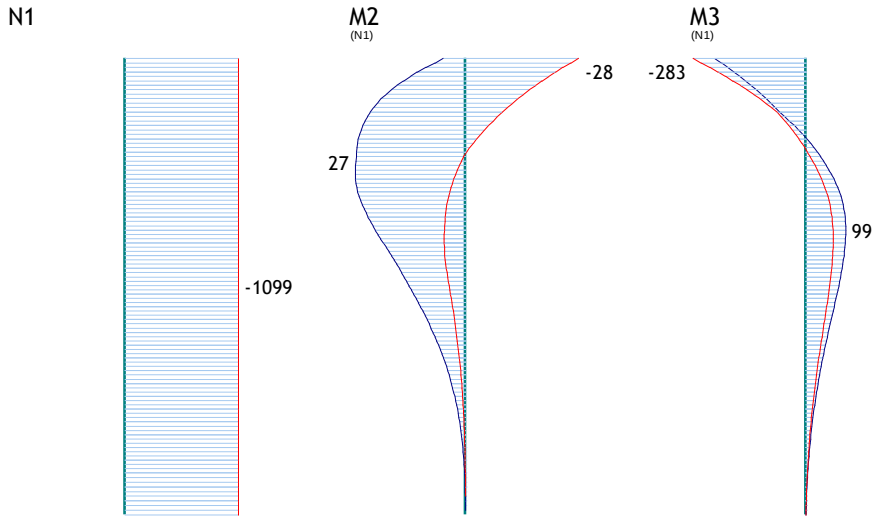
Контрола напона у шиповима извршена је за карактеристичну комбинацију оптерећења и то за комбинације утицаја:

minN odgM

maxN odgM

maxM odgN

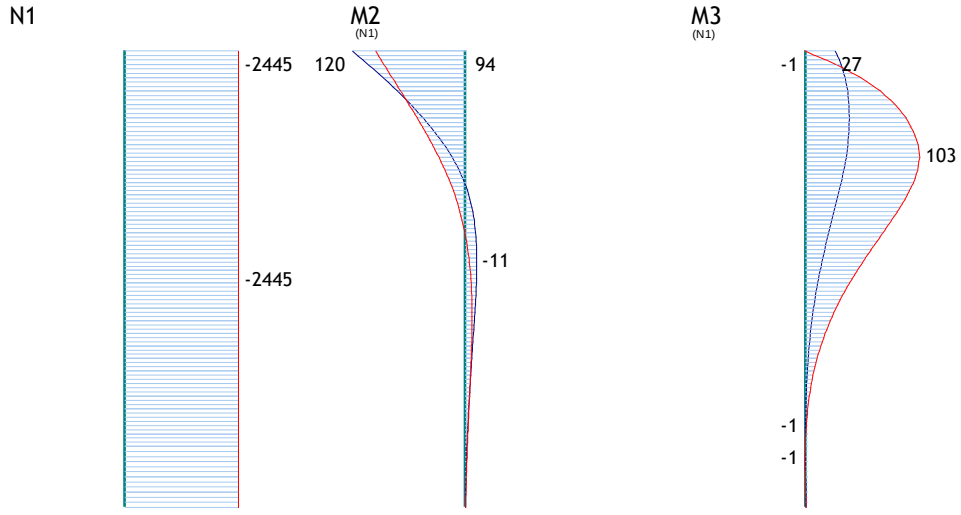
Опт. 78: [Karakteristicna kom. / Characteristic com.] 55-68



Утицаји у греди: (10-751)
N1 [kN], M2 [kNm], M3 [kNm]

minN=1099kN odgM=$(283^2+28^2)^{0.5}$=284kNm

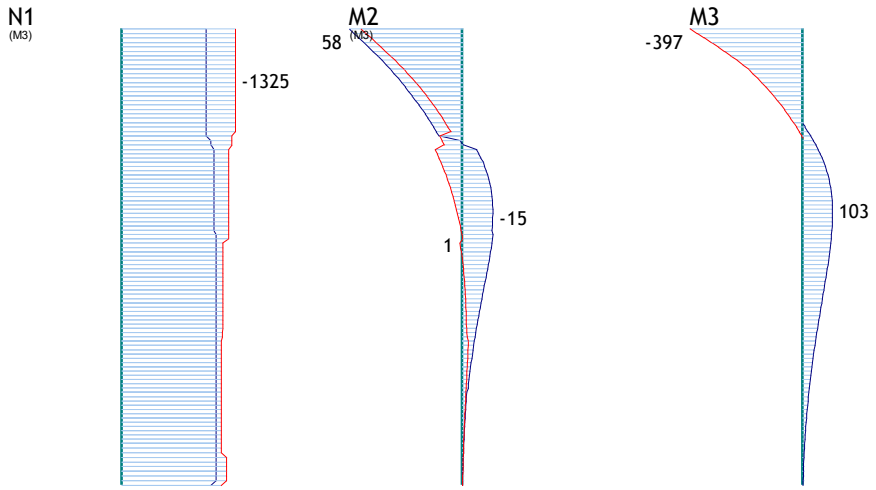
Опт. 78: [Karakteristicna kom. / Characteristic com.] 55-68



Утицаји у греди: (162-1875)
N1 [kN], M2 [kNm], M3 [kNm]

maxN=2445kN odgM=$(103^2+37^2)^{0.5}$=109kNm

Опт. 78: [Karakteristicna kom. / Characteristic com.] 55-68



Утицаји у греди: (7-669)
N1 [kN], M2 [kNm], M3 [kNm]

odgN=1325kN maxM=$(397^2+52^2)^{0.5}$=400kNm

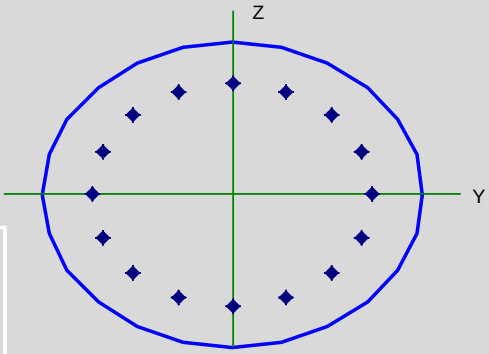
Materials:

f_{ck} =	25	MPa	E_{cm} =	31,5 GPa
f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200 GPa
γ_c =	1,5			
γ_s =	1,15			
a_{cc} =	0,85			

Section Properties:

Diameter = 900 mm

Concrete section			Transformed section		
A_C =	636173	mm²	A_T =	688942,4	mm²
I_C =	3,2E+10	mm⁴	I_T =	3,51E+10	mm⁴
Y_{bC} =	450	mm	Y_{bT} =	450	mm



Reinforcing bars:

Bar Diameter =	28	mm
No.bars =	16	(< 300)
Σ(As) =	9856	mm²
ΣAs/Ac =	0,01549	
Concrete cover =	96	mm
Spiral/Stirrup dia. =	10	mm

Reinforcing Bar No.	Area A_s mm²	Coordinates, mm Y (from ctr.)	Z (from bot.)
1	616	330,00	450,00
2	616	304,88	576,29
3	616	233,35	683,35
4	616	126,29	754,88
5	616	0,00	780,00
6	616	-126,29	754,88
7	616	-233,35	683,35
8	616	-304,88	576,29
9	616	-330,00	450,00
10	616	-304,88	323,71
11	616	-233,35	216,65
12	616	-126,29	145,12
13	616	0,00	120,00
14	616	126,29	145,12
15	616	233,35	216,65
16	616	304,88	323,71

SLS Loads					
	P =	1099	kN	(+ for compression)	
	M =	284	kNm	(+ for tension on the bottom)	
Materials					
	f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200000 MPa
	f_{ck} =	25	MPa		
	f_{cm} =	33	MPa	E_{cm} =	31476 MPa
	$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	2,56	MPa		
	Creep factor, Ct =	2			
	Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	10492	MPa	E_s/E_{ctm}=	19,06
Results of SLS analysis					
	Neutral axis from compression edge, x =	573,4	mm		
	Maximum concrete stress, fc.max =	4,91	MPa		
	Maximum steel stress, fs.max =	33,7	MPa		
	at y_{st} =	780	mm		
	Number of bars in tension =	7			
	Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	687,0	mm		
	Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0,0005			
	Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	8,2E-07	mm^{-1}		

SLS Loads					
	P =	2445	kN	(+ for compression)	
	M =	109	kNm	(+ for tension on the bottom)	
Materials					
	f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200000 MPa
	f_{ck} =	25	MPa		
	f_{cm} =	33	MPa	E_{cm} =	31476 MPa
	$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	2,56	MPa		
	Creep factor, Ct =	2			
	Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	10492	MPa	E_s/E_{ctm}=	19,06
Results of SLS analysis					
	Neutral axis from compression edge, x =	1604,3	mm		
	Maximum concrete stress, fc.max =	4,17	MPa		
	Maximum steel stress, fs.max =	-40,9	MPa		
	at y_{st} =	780	mm		
	Number of bars in tension =	0			

SLS Loads					
	P =	1325	kN	(+ for compression)	
	M =	400	kNm	(+ for tension on the bottom)	
Materials					
	f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200000 MPa
	f_{ck} =	25	MPa		
	f_{cm} =	33	MPa	E_{cm} =	31476 MPa
	$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	2,56	MPa		
	Creep factor, Ct =	2			
	Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	10492	MPa	E_s/E_{ctm}=	19,06
Results of SLS analysis					
	Neutral axis from compression edge, x =	528,1	mm		
	Maximum concrete stress, fc.max =	6,89	MPa		
	Maximum steel stress, fs.max =	62,6	MPa		
	at y_{st} =	780	mm		
	Number of bars in tension =	7			
	Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	687,0	mm		
	Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0,0007			
	Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	1,2E-06	mm^{-1}		

Услови у погледу ограничења напона су задовољени

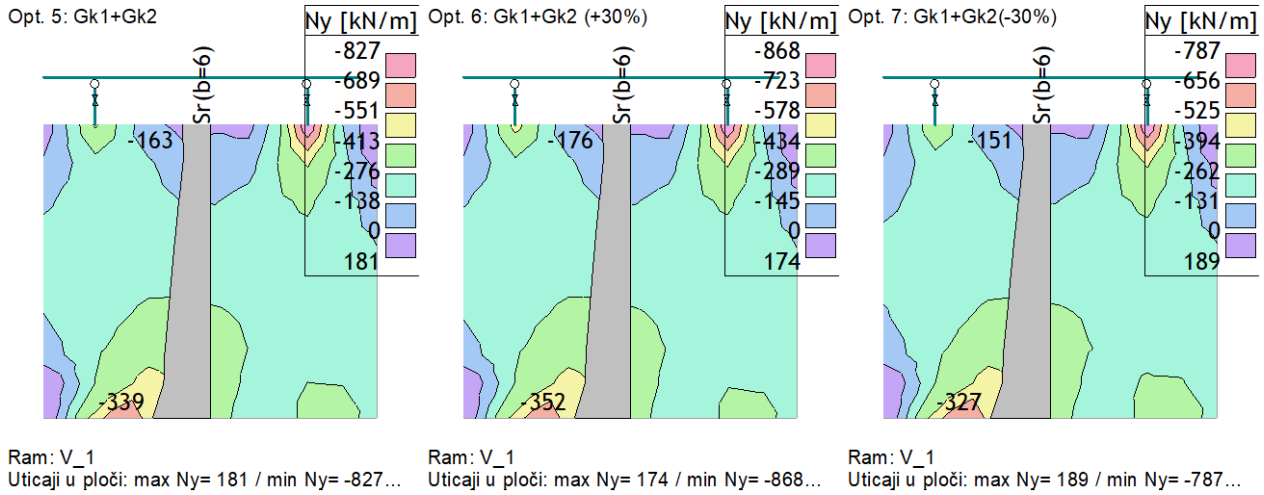
The stress limitation are met.

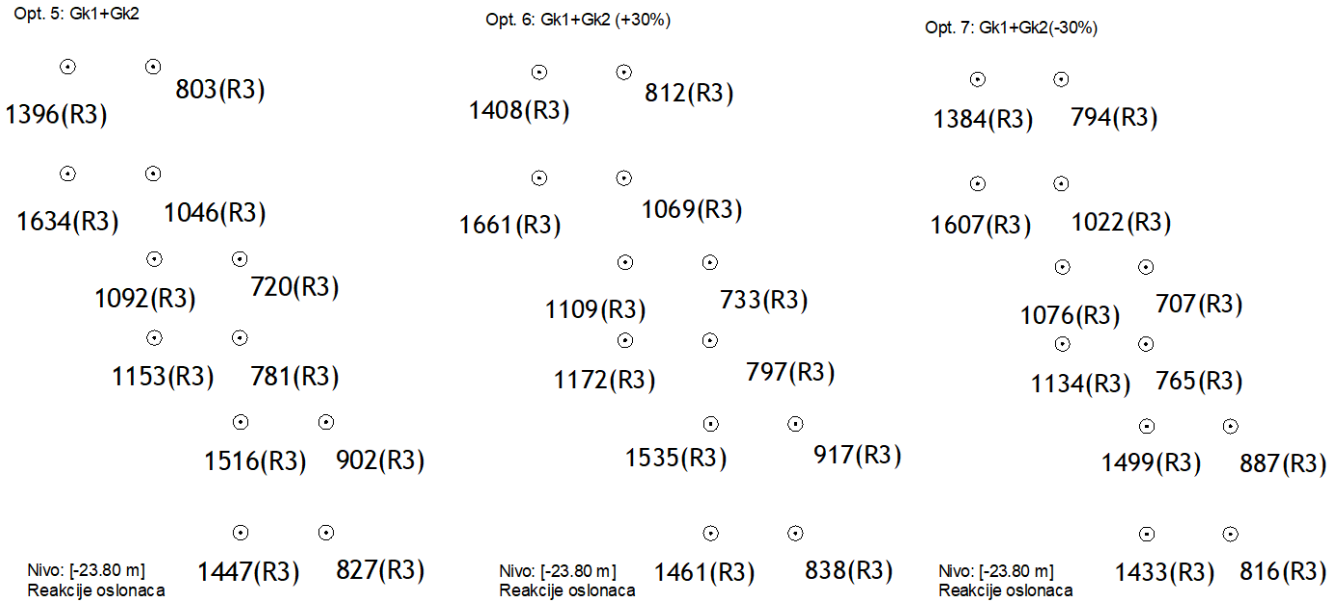
10.6 ДОПУНСКА АНАЛИЗА ЗА ДЕВИЈАЦИЈУ G_{K2} / ADDITIONAL ANALYSIS FOR DEVIATION OF G_{K2}

У првобитном прорачуну елемената доњег стоја нису разматране више и ниже вредности коловозног застора дефинисане таком 5.2.3 стандарда СРПС ЕН 1991-1-1. За разлику од конструкције горњег стоја, код елемената доњег строја ова варијација, разматрано у односу на укупно стално оптерећење, даје занемарљиву разлику у утицајима.

In the initial calculation of the substructure, the upper and lower characteristic values of the depth of ballast according to SRPS EN 1991-1-1, 5.2.3 were not considered. This variation gives a negligible difference in the values of the section forces, therefore calculation of the substructure was not be changed.

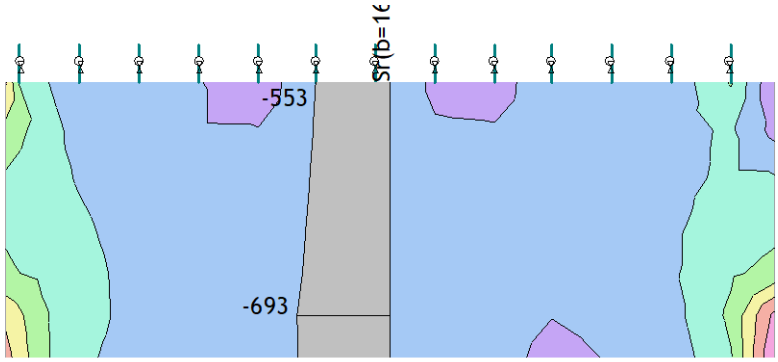
Опорац C1

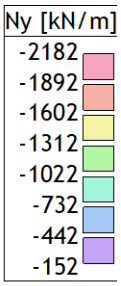




Стуб С2

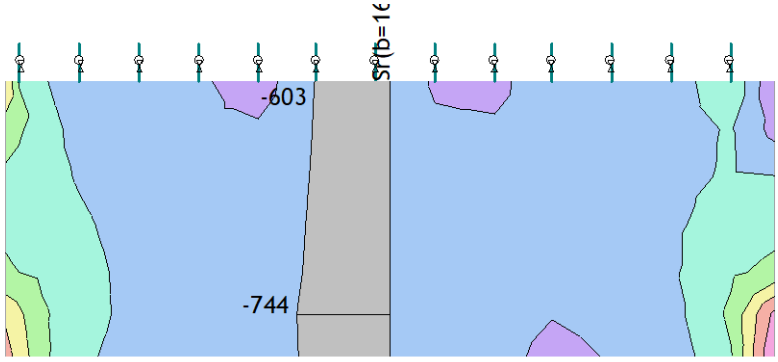
Opt. 5: Gk1+Gk2

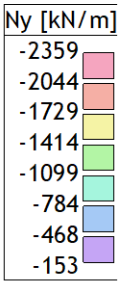




Ram: K_1
Uticaji u ploči: max Ny= -152 / min Ny= -2182 kN/m

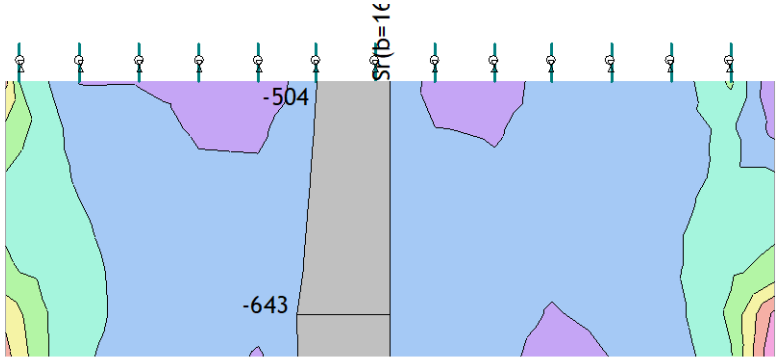
Opt. 6: Gk1+Gk2 (+30%)

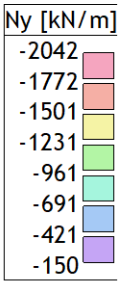




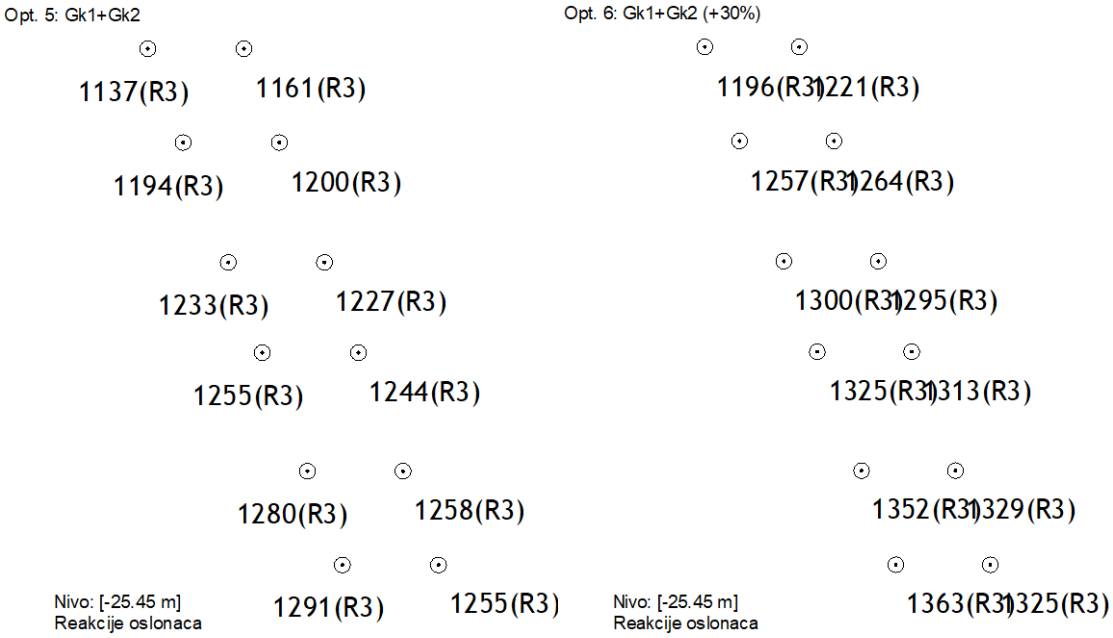
Ram: K_1
Uticaji u ploči: max Ny= -153 / min Ny= -2359 kN/m

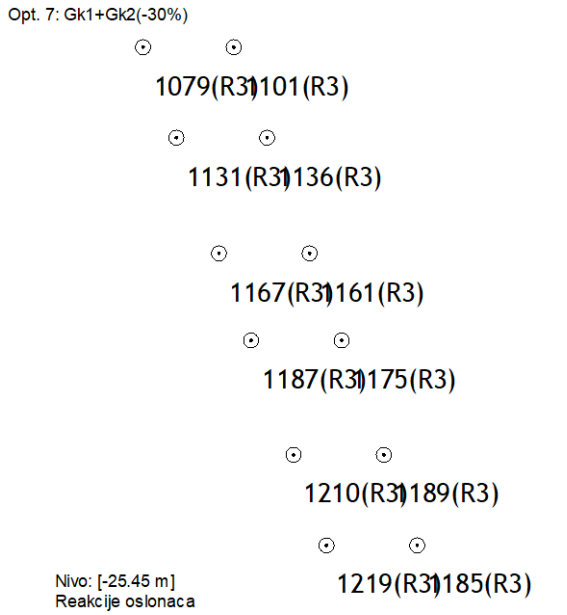
Opt. 7: Gk1+Gk2(-30%)





Ram: K_1
Uticaji u ploči: max Ny= -150 / min Ny= -2042 kN/m





Оптерећење	Опорци C1/C4	Стуб C2/C3	Шипови C1/C4		Шипови C2/C3	
	Ny [kN/m]	Ny [kN/m]	R_{max} [kN]	R_{min} [kN]	R_{max} [kN]	R_{min} [kN]
$G_{k1}+G_{k2}$	339	693	1516	803	1291	1161
$G_{k1}+G_{k2}$(+30%)	352	744	1535	812	1363	1221
$G_{k1}+G_{k2}$(-30%)	327	643	1499	794	1219	1101

Процентуалне разлике у односу на $G_{k1}+G_{k2}$ са повећањем односно смањењем коловозног застора за 30%

Δ (G_{k2} +30%)	3,8	7,4	1,3	1,1	5,6	5,2
Δ (G_{k2} -30%)	3,5	7,2	1,1	1,1	5,6	5,2

На основу спроведене анализе као и чињенице у елементима доњег строја постоји резерва носивости, као и да су разлике у утицајима услед укупних оптерећења још ниже, прорачун елемента доњег строја неће бити поновљен.

ПРИЛОГ 1 / ANNEX 1

Извод из Геотехничког елабората / Excerpt from the Geotechnical Study

4.7 Меродавни параметри слојева за геостатичке прорачуне

Описи својстава слојева, њихове карактеристике од значаја за процену геотехничких услова изградње и фундирања објекта, дати су у претходном поглављу.

Меродавни параметри тла за геостатичке прорачуне у зонама у којима ће бити вршено темељење на шиповима, усвојени су на основу лабораторијских и теренских опита и приказани су у Табелама 16-19. Усвојена су четири прорачунска модела терена за свако стубно место.

Вредностии хоризонталног модула реакције тла (k_h) по методи Весића из 1961. године одређене су на основу модула еластичности (E_s), момента инерције (I_p) и модула еластичности шипа (E_p), пречника шипа (d) као и Поасоновог коефицијента (ν) ,користећи следеће формуле:

$$k_h = \frac{0.65}{d} \cdot \sqrt[12]{\frac{E_s \cdot d^4}{E_p \cdot I_p}} \cdot \frac{E_s}{1-\nu^2}$$ Весић, 1961.

$$M_v = E_s \cdot \frac{1-\nu}{(1-2\nu)\cdot(1+\nu)}$$ Теорија еластичности

$$I_p = \frac{r^4\pi}{4}$$ Момент инерције кружног шипа

Вредности хоризонталног модула реакције тла (k_h) по методи Mayerhof-a и Baike-a из 1963. године, одређене су на основу модула еластичности (E_s), пречника шипа (d) као и Поасоновог коефицијента (ν) ,користећи следећу формулу:

$$k_h = \frac{E_s}{d\cdot(1-\nu^2)}$$ Mayerhof & Baike, 1963.

Табела 16. Преглед усвојених параметара за стубно место 1 (C1)

Ознака слоја	Дубина (m)	Дебљина (m)	γ (kN/m³)	φ (°)	c (kN/m²)	M_v (MN/m³)	ν	E_s (MN/m³)	E_p (MN/m³)	k_h Весић (MN/m³)	k_h Mayerhof & Baike (MN/m³)
siSaP	0.9	0.9	19.8	30	9	9000	0.3	6.69	30000	3.38	8.16
	7.0	6.1									
SaP	19.4	12.4	20.2	30	7	16500	0.2	14.85		7.62	17.19
grclSa	22.2	2.8	20.0	38	0	30000	0.3	22.29		12.47	27.21
clSa	25.0	2.8	21.5	31	13	13600*	0.3	10.10*		5.29*	12.34*

*усвојени параметри из Подвожњака 77+807.99

Табела 17. Преглед усвојених параметара за стубно место 2 (C2)

Ознака слоја	Дубина (m)	Дебљина (m)	γ (kN/m³)	φ (°)	c (kN/m²)	M_v (MN/m³)	ν	E_s (MN/m³)	E_p (MN/m³)	k_h Весић (MN/m³)	k_h Mayerhof & Baike (MN/m³)
siSaP	5.8	5.8	19.8	30	9	9000	0.3	6.69	30000	3.38	8.16
SaP	17.8	12.0	20.2	30	7	16500	0.2	14.85		7.62	17.19
grclSa	21.8	4.0	20.0	38	0	30000	0.3	22.29		12.47	27.21
clSa	24.0	2.2	21.5	31	13	13600*	0.3	10.10*		5.29*	12.34*

*усвојени параметри из Подвожњака 77+807.99

Табела 18. Преглед усвојених параметара за стубно место 3 (C3)

Ознака слоја	Дубина (m)	Дебљина (m)	γ (kN/m³)	φ (°)	c (kN/m²)	M_v (MN/m³)	ν	E_s (MN/m³)	E_p (MN/m³)	k_h Весић (MN/m³)	k_h Mayerhof & Baike (MN/m³)
siSaP	5.8	5.8	19.8	30	9	9000	0.3	6.69	30000	3.38	8.16
SaP	17.8	12.0	20.2	30	7	16500	0.2	14.85		7.62	17.19
grclSa	21.8	4.0	20.0	38	0	30000	0.3	22.29		12.47	27.21
clSa	24.0	2.2	21.5	31	13	13600*	0.3	10.10*		5.29*	12.34*

*усвојени параметри из Подвожњака 77+807.99

Табела 19. Преглед усвојених параметара за стубно место 4 (C4)

Ознака слоја	Дубина (m)	Дебљина (m)	γ (kN/m³)	φ (°)	c (kN/m²)	M_v (MN/m³)	ν	E_s (MN/m³)	E_p (MN/m³)	k_h Весић (MN/m³)	k_h Mayerhof & Baike (MN/m³)
siSaP	0.9	0.9	19.8	30	9	9000	0.3	6.69	30000	3.38	8.16
	6.0	5.1									
SaP	17.9	11.9	20.2	30	7	16500	0.2	14.85		7.62	17.19
grclSa	24.9	7.0	20.0	38	0	30000	0.3	22.29		12.47	27.21
clSa	27.0	2.1	21.5	31	13	13600*	0.3	10.10*		5.29*	12.34*

*усвојени параметри из Подвожњака 77+807.99

Важно је напоменути да су у оквиру табела меродавних параметара тла приказане вредности угла унутрашњег трења, кохезије и модула стишљивости тла које су препоручене усвојене вредности и као такве фигурирају у прорачуну. Такође, вредности дубина нивоа подземне воде испод стубних места узете су за најнеповољнији случај, тј. случај максималног нивоа подземне воде.

Са друге стране, вредности модула еластичности и коефицијента хоризонталне крутости тла приказане су са променом (порастом) дубине. Оваквим начином приказа пројектанту конструкције објекта омогућен је прецизнији одабир коефицијента крутости тла.

Вредности модула стишљивости, модула еластичности и коефицијента крутости тла срачунате су на основу резултата опита статичке пенетрације (Поглавље 3.2.4.).

5.2 Прорачун дозвољене носивости и прогнозног слегања тла

Анализе носивости и слегања појединачних шипова као и групе шипова извршене су на основу усвојених дубина фундирања у нивоу наглавних греда, облика и димензија наглавних греда као и распореда шипова на наглавним гредама, облика и димензија шипова и њихових предложених дужина.

Прорачун дозвољене носивости и слегања извршен је у софтверу “GEO5”, користећи “Pile Group” софтверски пакет. Анализа је спроведена за прорачунски приступ 2 (ДА-2). Приликом прорачуна селектована је аналитичка анализа. Битно је напоменути да је у овом случају коефицијент ефикасности групе шипова увртен у коначни резултат носивости групе шипова.

Добијени резултати прорачуна дозвољене носивости као и прогнозног слегања темељног тла за дужину шипова предложену од стране Инвеститора приказани су у оквиру Табеле 21.

Табела 21. Преглед резултата анализе носивости и слегања за појединачан шип и групу шипова

Стубно место	Дужина шипа (m)	Пречник шипа (m)	Резултати анализе				Прогнозно слегање групе шипова (mm)
			Rs (kN)	Rb (kN)	Rc (kN)	Rg (kN)	
C1.1	18.00	0.9	3131.81	5473.07	8604.89	28228.16	13.2
C1.2	18.00	0.9	3131.81	5473.07	8604.89	27117.45	13.2
C1.3	18.00	0.9	3131.81	5473.07	8604.89	28132.10	13.2
C2	18.00	0.9	3106.20	5191.06	8297.27	74675.41	25.6
C3	18.00	0.9	3186.15	5197.03	8383.18	75448.63	22.1
C4.1	18.00	0.9	3394.41	5475.56	8869.97	29097.76	12.4
C4.2	18.00	0.9	3394.41	5475.56	8869.97	27952.83	12.4
C4.3	18.00	0.9	3394.41	5475.56	8869.97	28998.74	12.4

На основу резултата спроведене анализе носивости темељног тла може се закључити да је за пројектоване дужине шипова услов у погледу носивости задовољен за случај појединачних шипова као и за случај групе шипова.

На основу спроведене прорачунске анализе прогнозног слегања темељног тла може се закључити да је за пројектоване дужине шипова услов у погледу слегања групе шипова задовољен, и да су вредности прогнозног слегања тла у границама дозвољеног (у складу са "SRPS EN 1997-1/NA:2020").

Verification of pile group

Input data

Project

Task : STUDY OF GEOLOGICAL RESEARCHES OF THE FIELD FOR THE PURPOSES OF MODERNIZATION AND RECONSTRUCTION OF THE HUNGARY-SERBIA RAILWAY, ON TERRITORY OF SERBIA ON SECTION NOVI SAD-SUBOTICA-STATE BORDER (KELEBIJA)
Part : SECTION I (CK 76+500 - CK 117+000), THE UNDERPASS 76+601.02
Description : S1.1
Author : Aljoša Mitić, M. Sc. Geol. Eng
Date : 5/17/2021

Settings

Standard - EN 1997 - DA2

Materials and standards

Concrete structures : EN 1992-1-1 (EC2)
Coefficients EN 1992-1-1 : standard
Steel structures : EN 1993-1-1 (EC3)
Partial factor on bearing capacity of steel cross section : $\gamma_{M0} = 1.00$

Pile Group

Analysis for drained conditions : NAVFAC DM 7.2
Analysis for undrained conditions : UFC 3-220-01A
Efficiency of pile group : La Barré (CSN 73 1002)
Verification methodology : according to EN 1997
Design approach : 2 - reduction of actions and resistances

Partial factors on actions (A)					
Permanent design situation					
		Unfavourable		Favourable	
Permanent actions :	$\gamma_G =$	1.35	[-]	1.00	[-]

Partial factors for resistances (R)			
Permanent design situation			
Partial factor on shaft resistance :	$\gamma_s =$	1.10	[-]
Partial factor on base resistance :	$\gamma_b =$	1.10	[-]

Soil parameters

clSaP
Unit weight : $\gamma = 19.80$ kN/m³
Oedometric modulus : $E_{oed} = 9.00$ MPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 19.80$ kN/m³
Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30.00$ °

SaP
Unit weight : $\gamma = 20.20$ kN/m³
Oedometric modulus : $E_{oed} = 16.50$ MPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.20$ kN/m³
Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30.00$ °

grlSa
Unit weight : $\gamma = 20.00$ kN/m³
Oedometric modulus : $E_{oed} = 30.00$ MPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00$ kN/m³
Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 38.00$ °

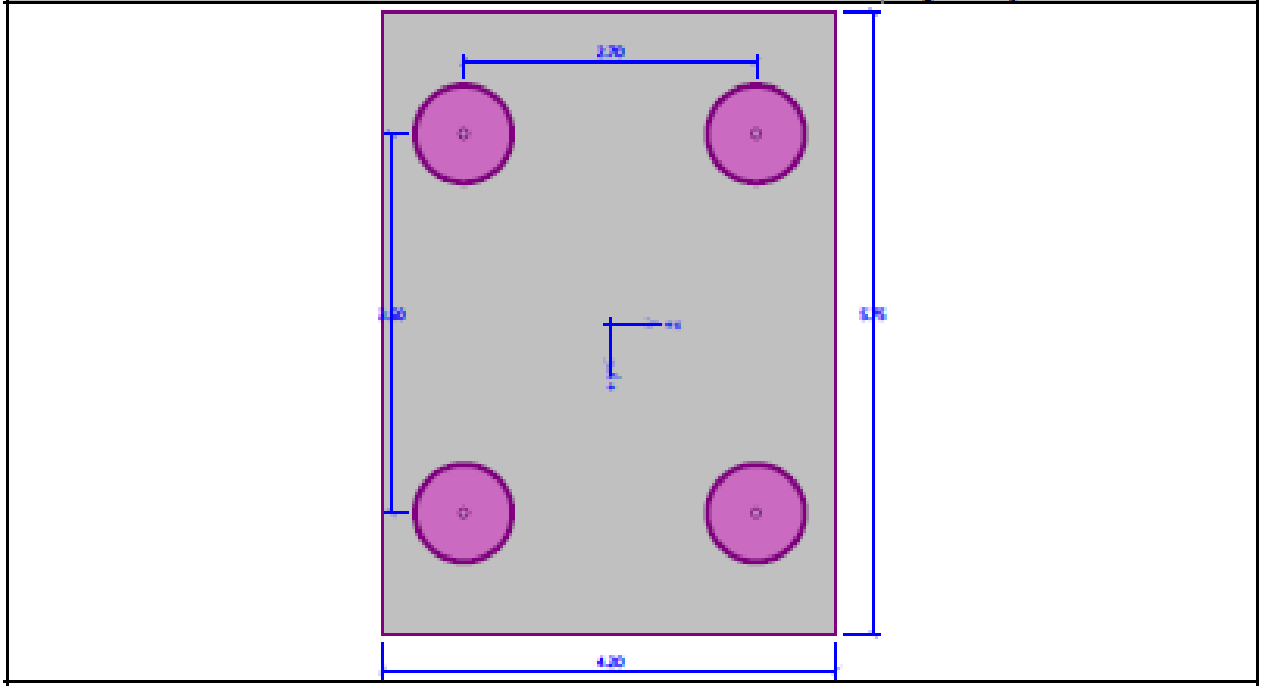
clSa
Unit weight : $\gamma = 21.50$ kN/m³
Oedometric modulus : $E_{oed} = 13.60$ MPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 21.50$ kN/m³
Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 31.00$ °

Construction

Width of pile cap $b_c = 4.20$ m

b_y = 5.75 m
Pile diameter d = 0.90 m
Number of piles n_x = 2
n_y = 2
Spacing of piles s_x = 2.70 m
s_y = 3.50 m

Name : Structure	Stage - analysis : 1 - 0



Geometry

Depth from ground surface h_z = 0.00 m
Pile head offset h = -3.00 m
Thickness of pile cap t = 1.50 m
Length of piles l = 18.00 m

Load

No.	Load		Name	Type	N	M_x	M_y	H_x	H_y	M_z
	new	change			[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	Yes		Load No. 1	Design	8400.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Yes		Load No. 2	Service	6100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Ground water table

The ground water table is at a depth of 0.90 m from the original terrain.

Global settings

Analysis type : analytical solution
Type of soil : cohesionless soil

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Verification No. 1

Analysis of bearing capacity - input data

Analysis carried out for the load case No. 1. (Load No. 1)
Factor determining critical depth : : k_{dc} = 18.00
Factor of bearing capacity N_q was computed.

Analysis of bearing capacity of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.
Pile skin bearing capacity R_s = 3131.81 kN
Pile base bearing capacity R_b = 5473.07 kN
Vertical bearing capacity of single pile R_c = 8604.89 kN
Vertical bearing capacity of pile group R_g = 28228.16 kN
Maximum vertical force V_d = 8400.00 kN

R_g = 28228.16 kN > 8400.00 kN = V_g

Vertical bearing capacity of pile group is SATISFACTORY

Verification No. 1

Analysis of load settlement curve - partial results

Correction factor for pile compressibility	C_k = 0.92
Correction factor for Poisson's ratio of soil	C_v = 0.78
Correction factor for stiffness of bearing stratum	C_b = 3.05
Base-load proportion for incompressible pile	β_0 = 0.06
Proportion of applied load transferred to pile base	β = 0.14

Influence coefficients of settlement :

Basic - dependent on ratio l/d	I_0 = 0.08
Correction factor for pile compressibility	R_k = 1.17
Correction factor for finite depth of layer on a rigid base	R_h = 1.00
Correction factor for Poisson's ratio of soil	R_v = 0.88

Analysis of settlement of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Group settlement factor	g_r =	2.16	
Load at the onset of mobilization of skin friction	R_{yu} =	16028.84	kN
The settlement for the force Ryu	s_y =	34.7	mm
Total resistance	R_c =	20972.11	kN
Maximum settlement	s_{lim} =	120.0	mm

The settlement for maximum service load V = 6100.00 kN is 13.2 mm.

Verification of pile group

Input data

Project

Task : STUDY OF GEOLOGICAL RESEARCHES OF THE FIELD FOR THE PURPOSES OF MODERNIZATION AND RECONSTRUCTION OF THE HUNGARY-SERBIA RAILWAY, ON TERRITORY OF SERBIA ON SECTION NOVI SAD-SUBOTICA-STATE BORDER (KELEBIJA)
Part : SECTION I (CK 76+500 - CK 117+000), THE UNDERPASS 76+601.02
Description : S2
Author : Aljoša Mitić, M. Sc. Geol. Eng.
Date : 5/17/2021

Settings

Standard - EN 1997 - DA2

Materials and standards

Concrete structures : EN 1992-1-1 (EC2)
Coefficients EN 1992-1-1 : standard
Steel structures : EN 1993-1-1 (EC3)
Partial factor on bearing capacity of steel cross section : γ_{M0} = 1.00

Pile Group

Analysis for drained conditions : NAVFAC DM 7.2
Analysis for undrained conditions : UFC 3-220-01A
Efficiency of pile group : La Barré (CSN 73 1002)
Verification methodology : according to EN 1997
Design approach : 2 - reduction of actions and resistances

Partial factors on actions (A)			
Permanent design situation			
		Unfavourable	Favourable
Permanent actions :	γ_G =	1.35 [–]	1.00 [–]

Partial factors for resistances (R)			
Permanent design situation			
Partial factor on shaft resistance :	γ_s =	1.10	[–]
Partial factor on base resistance :	γ_b =	1.10	[–]

Soil parameters

siSaP
Unit weight : γ = 19.80 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 9.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 19.80 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 30.00 °

SaP
Unit weight : γ = 20.20 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 16.50 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 20.20 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 30.00 °

grclSa
Unit weight : γ = 20.00 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 30.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 20.00 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 38.00 °

clSa
Unit weight : γ = 21.50 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 13.60 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21.50 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 31.00 °

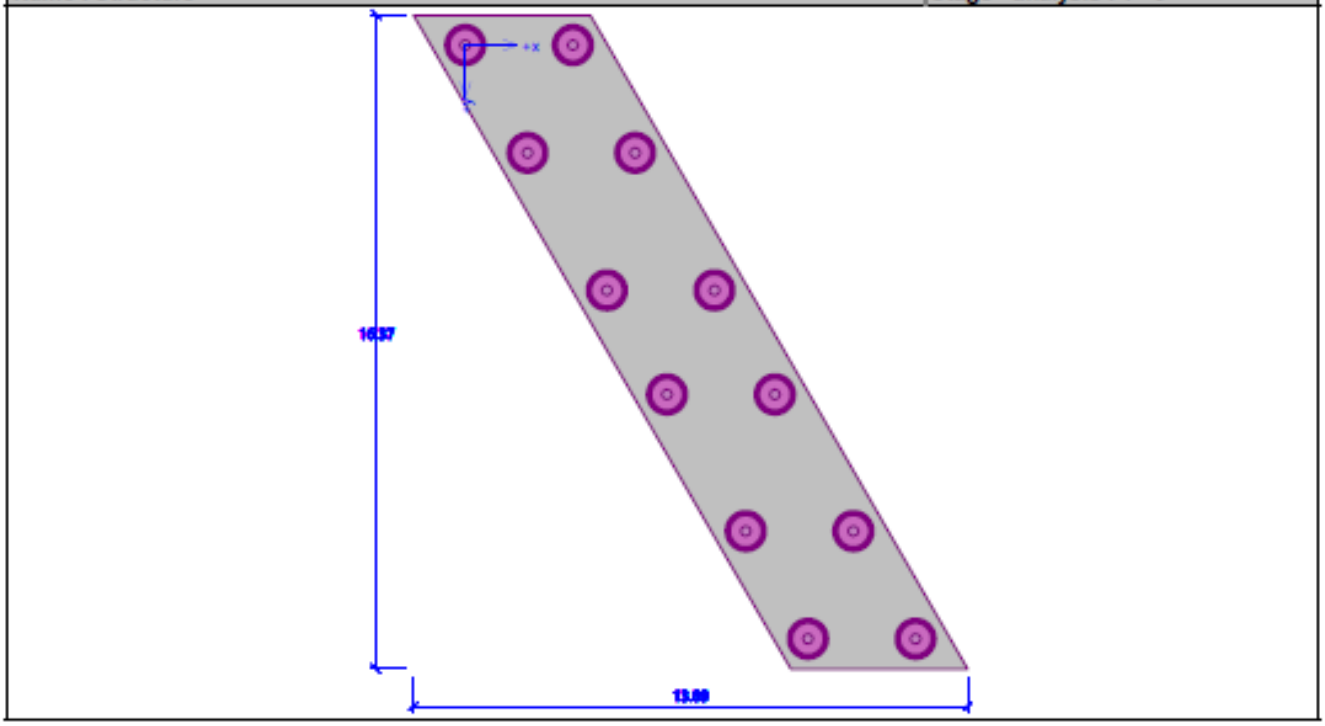
Construction

Pile diameter d = 0.90 m
Cap overlap o = 0.30 m

Coordinates of piles

No.	x [m]	y [m]
1	0.00	0.00
2	1.56	2.70
3	2.70	0.00
4	4.26	2.70
5	3.55	6.14
6	6.25	6.14
7	5.06	8.75
8	7.76	8.75
9	9.73	12.17
10	7.03	12.17
11	8.59	14.87
12	11.29	14.87

Name : Structure | Stage - analysis : 1 - 0



Geometry

Depth from ground surface h_z = 0.00 m
Pile head offset h = -2.75 m
Thickness of pile cap t = 1.50 m
Length of piles l = 18.00 m

Load

No.	Load new	Load change	Name	Type	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]	M_z [kNm]
1	Yes		Load No. 1	Design	28000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Yes		Load No. 2	Service	20300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Ground water table

The ground water table is at a depth of 0.00 m from the original terrain.

Global settings

Analysis type : analytical solution
Type of soil : cohesionless soil

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Verification No. 1

Analysis of bearing capacity - input data

Analysis carried out for the load case No. 1. (Load No. 1)
Factor determining critical depth : : k_{dc} = 18.00

Factor of bearing capacity N_q was computed.

Analysis of bearing capacity of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Pile skin bearing capacity	R_s =	3106.20	kN
Pile base bearing capacity	R_b =	5191.06	kN
Vertical bearing capacity of single pile	R_c =	8297.27	kN
Efficiency of pile group	η_g =	0.75	
Vertical bearing capacity of pile group	R_g =	74675.41	kN
Maximum vertical force	V_d =	28000.00	kN

R_g = 74675.41 kN > 28000.00 kN = V_d

Vertical bearing capacity of pile group is SATISFACTORY

Verification No. 1

Analysis of load settlement curve - partial results

Correction factor for pile compressibility	C_k =	0.92
Correction factor for Poisson's ratio of soil	C_v =	0.78
Correction factor for stiffness of bearing stratum	C_b =	2.85
Base-load proportion for incompressible pile	β_0 =	0.06
Proportion of applied load transferred to pile base	β =	0.13

Influence coefficients of settlement :

Basic - dependent on ratio l/d	I_0 =	0.08
Correction factor for pile compressibility	R_k =	1.18
Correction factor for finite depth of layer on a rigid base	R_h =	1.00
Correction factor for Poisson's ratio of soil	R_v =	0.88

Analysis of settlement of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Group settlement factor	g_f =	3.93	
Load at the onset of mobilization of skin friction	R_{yu} =	47242.08	kN
The settlement for the force Ryu	s_y =	59.5	mm
Total resistance	R_c =	52961.88	kN
Maximum settlement	s_{lim} =	120.0	mm

The settlement for maximum service load V = 20300.00 kN is 25.6 mm.

Verification of pile group

Input data

Project

Task : STUDY OF GEOLOGICAL RESEARCHES OF THE FIELD FOR THE PURPOSES OF MODERNIZATION AND RECONSTRUCTION OF THE HUNGARY-SERBIA RAILWAY, ON TERRITORY OF SERBIA ON SECTION NOVI SAD-SUBOTICA-STATE BORDER (KELEBIJA)
Part : SECTION I (CK 76+500 - CK 117+000), THE UNDERPASS 76+601.02
Description : S3
Author : Aljoša Mitić, M. Sc. Geol. Eng.
Date : 5/17/2021

Settings

Standard - EN 1997 - DA2

Materials and standards

Concrete structures : EN 1992-1-1 (EC2)
Coefficients EN 1992-1-1 : standard
Steel structures : EN 1993-1-1 (EC3)
Partial factor on bearing capacity of steel cross section : γ_{M0} = 1.00

Pile Group

Analysis for drained conditions : NAVFAC DM 7.2
Analysis for undrained conditions : UFC 3-220-01A
Efficiency of pile group : La Barré (CSN 73 1002)
Verification methodology : according to EN 1997
Design approach : 2 - reduction of actions and resistances

Partial factors on actions (A)					
Permanent design situation					
		Unfavourable		Favourable	
Permanent actions :	γ_G =	1.35	[–]	1.00	[–]

Partial factors for resistances (R)			
Permanent design situation			
Partial factor on shaft resistance :	γ_s =	1.10	[–]
Partial factor on base resistance :	γ_b =	1.10	[–]

Soil parameters

siSaP
Unit weight : γ = 19.80 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 9.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 19.80 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 30.00 °

SaP
Unit weight : γ = 20.20 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 16.50 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 20.20 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 30.00 °

grclSa
Unit weight : γ = 20.00 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 30.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 20.00 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 38.00 °

clSa
Unit weight : γ = 21.50 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 13.60 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21.50 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 31.00 °

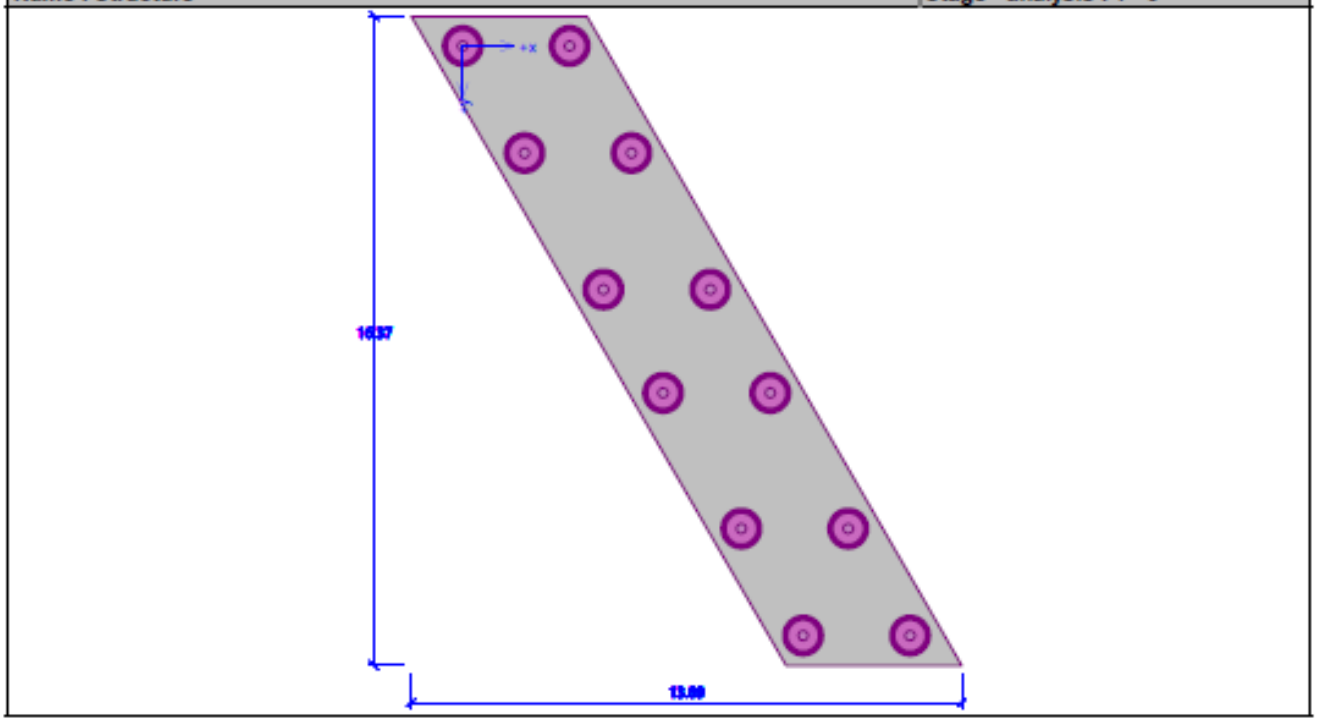
Construction

Pile diameter d = 0.90 m
Cap overlap o = 0.30 m

Coordinates of piles

No.	x [m]	y [m]
1	0.00	0.00
2	1.56	2.70
3	2.70	0.00
4	4.26	2.70
5	3.55	6.14
6	6.25	6.14
7	5.06	8.75
8	7.76	8.75
9	9.73	12.17
10	7.03	12.17
11	8.59	14.87
12	11.29	14.87

Name : Structure | Stage - analysis : 1 - 0



Geometry

Depth from ground surface h_z = 0.00 m
Pile head offset h = -2.75 m
Thickness of pile cap t = 1.50 m
Length of piles l = 18.00 m

Load

No.	Load new	Load change	Name	Type	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]	M_z [kNm]
1	Yes		Load No. 1	Design	28000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Yes		Load No. 2	Service	20300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Ground water table

The ground water table is at a depth of 0.00 m from the original terrain.

Global settings

Analysis type : analytical solution
Type of soil : cohesionless soil

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Verification No. 1

Analysis of bearing capacity - input data

Analysis carried out for the load case No. 1. (Load No. 1)
Factor determining critical depth : : k_{dc} = 18.00

Factor of bearing capacity N_q was computed.

Analysis of bearing capacity of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Pile skin bearing capacity	R_s	=	3186.15	kN
Pile base bearing capacity	R_b	=	5197.03	kN
Vertical bearing capacity of single pile	R_c	=	8383.18	kN
Efficiency of pile group	η_g	=	0.75	
Vertical bearing capacity of pile group	R_g	=	75448.63	kN
Maximum vertical force	V_d	=	28000.00	kN

R_g = 75448.63 kN > 28000.00 kN = V_d

Vertical bearing capacity of pile group is SATISFACTORY

Verification No. 1

Analysis of load settlement curve - partial results

Correction factor for pile compressibility	C_k	=	0.91
Correction factor for Poisson's ratio of soil	C_v	=	0.78
Correction factor for stiffness of bearing stratum	C_b	=	2.14
Base-load proportion for incompressible pile	β_0	=	0.06
Proportion of applied load transferred to pile base	β	=	0.10

Influence coefficients of settlement :

Basic - dependent on ratio l/d	I_0	=	0.08
Correction factor for pile compressibility	R_k	=	1.23
Correction factor for finite depth of layer on a rigid base	R_h	=	1.00
Correction factor for Poisson's ratio of soil	R_v	=	0.87

Analysis of settlement of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Group settlement factor	g_f	=	3.93	
Load at the onset of mobilization of skin friction	R_{yu}	=	46622.57	kN
The settlement for the force Ryu	s_y	=	50.9	mm
Total resistance	R_c	=	52375.27	kN
Maximum settlement	s_{lim}	=	120.0	mm

The settlement for maximum service load V = 20300.00 kN is 22.1 mm.

Verification of pile group

Input data

Project

Task : STUDY OF GEOLOGICAL RESEARCHES OF THE FIELD FOR THE PURPOSES OF MODERNIZATION AND RECONSTRUCTION OF THE HUNGARY-SERBIA RAILWAY, ON TERRITORY OF SERBIA ON SECTION NOVI SAD-SUBOTICA-STATE BORDER (KELEBIJA)
Part : SECTION I (CK 76+500 - CK 117+000), THE UNDERPASS 76+601.02
Description : S4.3
Author : Aljoša Mitić, M. Sc. Geol. Eng.
Date : 5/17/2021

Settings

Standard - EN 1997 - DA2

Materials and standards

Concrete structures : EN 1992-1-1 (EC2)
Coefficients EN 1992-1-1 : standard
Steel structures : EN 1993-1-1 (EC3)
Partial factor on bearing capacity of steel cross section : γ_{M0} = 1.00

Pile Group

Analysis for drained conditions : NAVFAC DM 7.2
Analysis for undrained conditions : UFC 3-220-01A
Efficiency of pile group : La Barré (CSN 73 1002)
Verification methodology : according to EN 1997
Design approach : 2 - reduction of actions and resistances

Partial factors on actions (A)					
Permanent design situation					
		Unfavourable		Favourable	
Permanent actions :	γ_G =	1.35	[–]	1.00	[–]

Partial factors for resistances (R)			
Permanent design situation			
Partial factor on shaft resistance :	γ_s =	1.10	[–]
Partial factor on base resistance :	γ_b =	1.10	[–]

Soil parameters

siSaP
Unit weight : γ = 19.80 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 9.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 19.80 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 30.00 °

SaP
Unit weight : γ = 20.20 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 16.50 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 20.20 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 30.00 °

grclSa
Unit weight : γ = 20.00 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 30.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 20.00 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 38.00 °

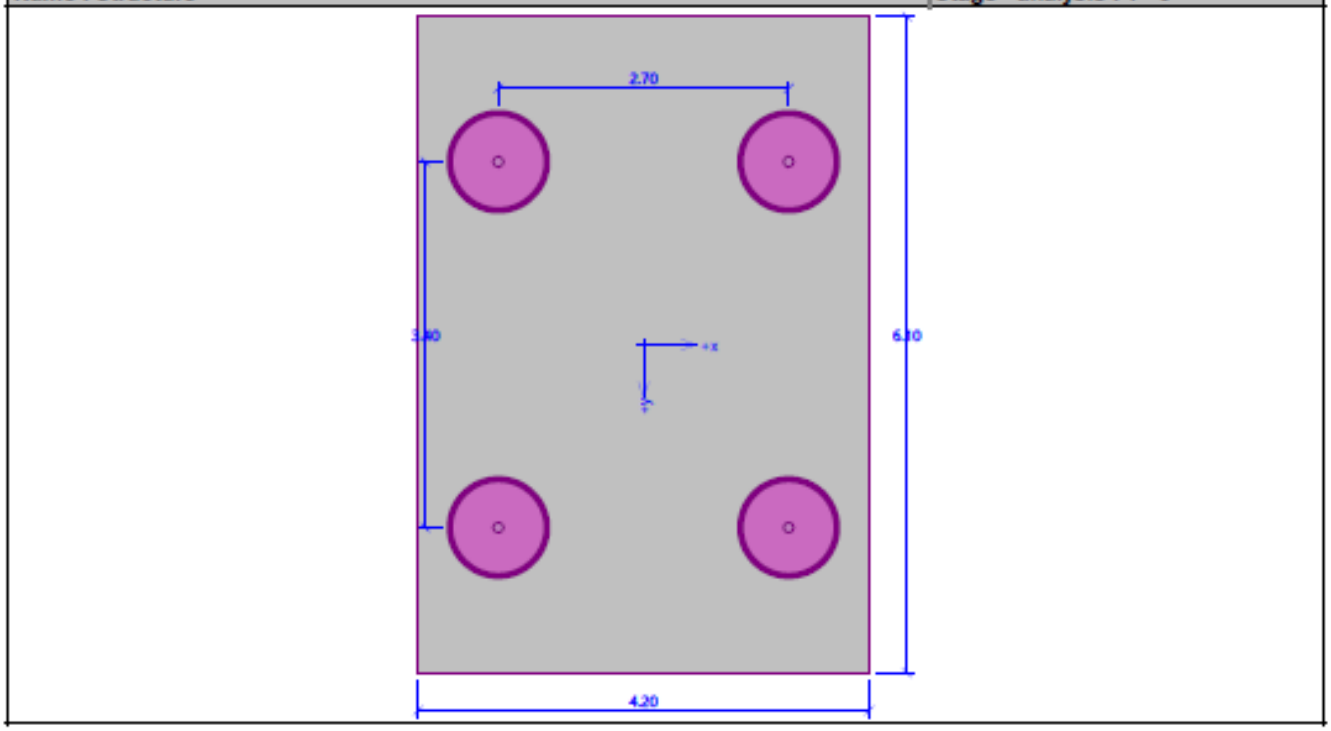
clSa
Unit weight : γ = 21.50 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 13.60 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21.50 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 31.00 °

Construction

Width of pile cap b_x = 4.20 m

	b_y	= 6.10	m
Pile diameter	d	= 0.90	m
Number of piles	n_x	= 2	
	n_y	= 2	
Spacing of piles	s_x	= 2.70	m
	s_y	= 3.40	m

Name : Structure	Stage - analysis : 1 - 0



Geometry

Depth from ground surface	h_z	= 0.00	m
Pile head offset	h	= -3.00	m
Thickness of pile cap	t	= 1.50	m
Length of piles	l	= 18.00	m

Load

No.	Load		Name	Type	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]	M_z [kNm]
	new	change								
1	Yes		Load No. 1	Design	8400.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Yes		Load No. 2	Service	6100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Ground water table

The ground water table is at a depth of 0.90 m from the original terrain.

Global settings

Analysis type : analytical solution
Type of soil : cohesionless soil

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Verification No. 1

Analysis of bearing capacity - input data

Analysis carried out for the load case No. 1. (Load No. 1)
Factor determining critical depth : : k_{dc} = 18.00
Factor of bearing capacity N_q was computed.

Analysis of bearing capacity of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Pile skin bearing capacity	R_s	= 3394.41	kN
Pile base bearing capacity	R_b	= 5475.56	kN
Vertical bearing capacity of single pile	R_c	= 8869.97	kN
Vertical bearing capacity of pile group	R_g	= 28998.74	kN
Maximum vertical force	V_d	= 8400.00	kN

R_g = 28998.74 kN > 8400.00 kN = V_d

Vertical bearing capacity of pile group is SATISFACTORY

Verification No. 1

Analysis of load settlement curve - partial results

Correction factor for pile compressibility	C_k	= 0.92
Correction factor for Poisson's ratio of soil	C_v	= 0.78
Correction factor for stiffness of bearing stratum	C_b	= 2.78
Base-load proportion for incompressible pile	β_0	= 0.06
Proportion of applied load transferred to pile base	β	= 0.13

Influence coefficients of settlement :

Basic - dependent on ratio l/d	I_0	= 0.08
Correction factor for pile compressibility	R_k	= 1.19
Correction factor for finite depth of layer on a rigid base	R_h	= 1.00
Correction factor for Poisson's ratio of soil	R_v	= 0.88

Analysis of settlement of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Group settlement factor	g_r	= 2.16	
Load at the onset of mobilization of skin friction	R_{yu}	= 17117.71	kN
The settlement for the force Ryu	s_y	= 34.7	mm
Total resistance	R_c	= 21927.10	kN
Maximum settlement	s_{lim}	= 120.0	mm

The settlement for maximum service load V = 6100.00 kN is 12.4 mm.

2/1.1.2.6.2 ПРОРАЧУН ИНТЕРАКЦИЈЕ КОЛОСЕК - МОСТ

САДРЖАЈ

1.1 Текстуална документација

1.1.1 Технички опис

1.1.1.1 Резултати прорачуна интеракције колосек - мост
1.1.1.2 Резултати провере стабилности колосека у хоризонталној равни на мосту
1.1.1.3 Резултати провере величине зазора услед пуцања шине на мосту
1.1.1.4 Техничке мере за осигурање безбедности при исклизнућу возила из колосека на мосту

1.2 Нумеричка документација

1.2.1 Статички прорачун

1.2.1.1 Улазни прорачунски параметри оптерећења
1.2.1.2 Улазни прорачунски параметри колосека
1.2.1.3 Улазни прорачунски параметри моста
1.2.1.4 Прорачунски модел интеракције колосек - мост
1.2.1.5 Прорачун интеракције колосек - мост за летње климатске услове
1.2.1.6 Прорачун интеракције колосек - мост за зимске климатске услове
1.2.1.7 Стабилност колосека у хоризонталној равни на мосту у летњим климатским условима
1.2.1.8 Величина зазора услед пуцања шине на мосту у зимским климатским условима

1.1 Текстуална документација

1.1.1 Технички опис

Прорачун интеракције колосек - мост за потребе уређења конструкције горњег строја железничке пруге на мосту на km 76+601,02 извршен је у складу са захтевима Техничких спецификација интероперабилности за подсистем инфраструктура (INF TSI).

Улазни прорачунски параметри оптерећења су усклађени са: Техничким спецификацијама интероперабилности за подсистем инфраструктура, као и српским стандардима SRPS EN 1991-1-5, SRPS EN 1991-1-5/NA, SRPS EN 1991-2, SRPS EN 1991-2/NA.

У том смислу разматрана су следећа опретећења услед:

- меродавних температурних промена у оси моста и континуално завареним шинама,
- вертикалног оптерећења од возила у складу са шемом оптерећења LM 71, SW/0, SW/2.
- хоризонталног оптерећења услед убрзања и/или кочења возила.

Сви улазни прорачунски подаци који се односе на конструкцију моста, конструкцију горњег строја железничке пруге, као и железничка возила детаљно су образложени у поглављима 1.2.1.1, 1.2.1.2 и 1.2.1.3. С обзиром на то да је пројектна брзина 100 km/h, извршен је статички прорачун интеракције колосек - мост. Прорачун је извршен помоћу интегралног модела конструкције колосека и конструкције моста, уз разматрање:

- параметара моста: диспозиција моста (статички систем, распон, дилатациона дужина), геометријске карактеристике конструкције горњег строја моста, крутост и распоред ослонаца,
- параметара колосека: попречни пресек шине и квалитет шинског челика, отпор подужном померању неоптерећеног и оптерећеног колосека уз узимање у обзир билинеарног понашања,
- параметара оптерећења: температурна промена у конструкцији горњег строја моста, температурна промена у континуално завареним шинама, убрзање/кочење возила, померања и заокретања крајева конструкције горњег строја моста услед оптерећења од саобраћаја.

Веза између елемената колосека и елемената конструкције горњег строја моста моделована је помоћу еластичних веза са билинеарним понашањем. Хоризонтална крутост ослоначких елемената је дефинисана у моделу на основу UIC 774-3 препорука и SRPS EN 1991-2 стандарда. На тај начин се добијају утицаји у шинама који су меродавни за упоређивање са дозвољеним додатним напонима, доказивање стабилности колосека у хоризонталној равни при максималним летњим температурним променама, као и прорачуну величине зазора услед пуцања шине при максималним зимским температурним променама. Прорачунски модел узима у обзир колосек са континуално завареним шинама на дужини моста и по 300 m испред и иза моста, што одговара максималној утицајној дужини кочења возила. Изглед прорачунског модела приказан је на сликама 9-11. Детаљан опис карактеристика модела приказан је у поглављу 1.2.1.4.

1.1.1.1 Резултати прорачуна интеракције колосек - мост

Хоризонталне реакције по једном (од укупно пет на ивичној конструкцији моста, тј. од укупно четири на средњој конструкцији моста) непокретном лежишту моста на једном (од укупно два) средњем стубу услед интеракције колосек - мост:

Ивична конструкција моста (леви колосек/теретни колосек):

Врста утицаја	**Летњи климатски услови**	**Зимски климатски услови**
Температурна промена у оси моста и континуално завареним шинама	**±139,32 kN**	**±140,18 kN**
Убрзање воза	**-58,66 kN**	**-46,92 kN**
Вертикално оптерећење од воза	**±9,44 kN**	**±9,52 kN**

Напомена 1: Позитиван смер реакције одговара смеру раста стационаже.

Напомена 2: За димензионисање лежишта моста узима се утицај силе од температуре, силе од убрзања воза и одговарајућег вертикалног оптерећења од воза или силе од температуре, силе од кочења воза и одговарајућег вертикалног оптерећења од воза.

Средња конструкција моста (десни колосек):

Врста утицаја	**Летњи климатски услови**	**Зимски климатски услови**
Температурна промена у оси моста и континуално завареним шинама	**±171,45 kN**	**±171,13 kN**
Кочење воза	**-54,33 kN**	**-42,85 kN**
Вертикално оптерећење од воза	**±11,80 kN**	**±11,90 kN**
Напомена 1: Позитиван смер реакције одговара смеру раста стационаже. Напомена 2: За димензионисање лежишта моста узима се утицај силе од температуре, силе од убрзања воза и одговарајућег вертикалног оптерећења од воза или силе од температуре, силе од кочења воза и одговарајућег вертикалног оптерећења од воза.		

Максимални додатни напони притиска и затезања у континуално завареним шинама:

Врста утицаја	**Леви колосек/Теретни колосек**	**Десни колосек**
Летњи климатски услови		
Температурна промена у оси моста и континуално завареним шинама	-8,06 MPa	-7,23 MPa
Убрзање воза/Кочење воза	-48,77 MPa	-45,37 MPa
Вертикално оптерећење од воза	0,00 MPa	0,00 MPa
Укупни додатни напони притиска/затезања у мероданим пресецима континуално заварене шине	**-56,83 MPa ≤ -72 MPa**	**-52,60 MPa ≤ -72 MPa**
Зимски климатски услови		
Температурна промена у оси моста и континуално завареним шинама	+15,94 MPa	+14,38 MPa
Убрзање воза/Кочење воза	+58,45 MPa	+57,20 MPa
Вертикално оптерећење од воза	+1,16 MPa	+1,20 MPa
Укупни додатни напони притиска/затезања у мероданим пресецима континуално заварене шине	**+75,55 MPa ≤ +92 MPa**	**+72,78 MPa ≤ +92 MPa**
Напомена 1: Напони притиска са предзнаком (-), напони затезања са предзнаком (+)		

Максимална апсолутна и релативна померања конструкције колосека и конструкције горњег строја моста:

Ивична конструкција моста (леви колосек/теретни колосек):

Врста померања	**Летњи климатски услови**	**Зимски климатски услови**
Апсолутно хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед убрзања /кочења воза	**4,04 mm ≤ 5 mm**	**4,01 mm ≤ 5 mm**
Релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања /кочења воза	**1,48 mm ≤ 4 mm (убрзање)**	**1,50 mm ≤ 4 mm (убрзање)**
Хоризонтално померање услед заокретања крајева конструкције горњег строја моста под вертикалним оптерећењем од воза	**0,04 mm ≤ 8mm**	**0,04 mm ≤ 8mm**

Средња конструкција моста (десни колосек):

Врста померања	**Летњи климатски услови**	**Зимски климатски услови**
Апсолутно хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед убрзања /кочења воза	**3,97 mm ≤ 5 mm**	**4,04 mm ≤ 5 mm**
Релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања /кочења воза	**1,58 mm ≤ 4 mm (кочење)**	**1,60 mm ≤ 4 mm (кочење)**
Хоризонтално померање услед заокретања крајева конструкције горњег строја моста под вертикалним оптерећењем од воза	**0,04 mm ≤ 8mm**	**0,04 mm ≤ 8mm**

1.1.1.2 Резултати провере стабилности колосека у хоризонталној равни на мосту

Улазни параметри за проверу стабилности колосека у хоризонталној равни на мосту при екстремним летњим температурама у шинама и конструкцији горњег строја моста усвојени су у складу са поглављем 1.2.1.7 и на основу резултата прорачуна интеракције колосек - мост.

Провера стабилности колосека у хоризонталној равни спроведена је за максималну вредност силе притиска у колосеку на мосту -1697970 N.

1.1.1.3 Резултати провере величине зазора услед пуцања шине на мосту

Прорачун је извршен уз претпоставку да је максимални подужни отпор при еластичном померању шине кроз систем еластичног шинског причвршћења 30 kN/m, што одговара сили подужног отпора 9 kN.

Срачуната вредност зазора услед пуцања шине у зимским условима износи приближно 38,26 mm.

1.1.1.4 Техничке мере за осигурање безбедности при исклизнућу возила из колосека на мосту

- Сигурносне шине, за задржавање возова у колосеку у случају исклизнућа, потребно је уградити, јер оне могу да пруже сигурност при брзинама до 160 km/h. Улога сигурносних шина је да задрже возило у колосеку уколико дође до исклизнућа на мосту. На тај начин се штити конструкција моста од оштећења и смањују се остале негативне последице исклизнућа (нпр. пад возила са моста након исклизнућа). Сигурносне шине се постављају на прагове са равном горњом површином. Сигурносне шине се продужавају по 10 m на насипе испред и иза моста и спајају се у средини колосека. Потребно је обезбеди и да горња ивица ивичњака бетонског корита моста буде 25 cm изнад горње ивице прага.

1.2 Нумеричка документација

1.2.1 Статички прорачун

1.2.1.1 Улазни прорачунски параметри оптерећења

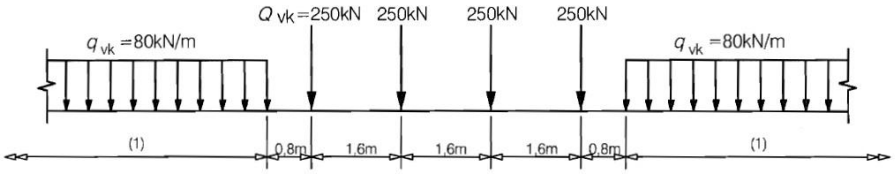
Улазни прорачунски параметри оптерећења су усклађени са: Техничким спецификацијама интероперабилности за подсистем инфраструктура, као и српским стандардима SRPS EN 1991-1-5, SRPS EN 1991-1-5/NA, SRPS EN 1991-2, SRPS EN 1991-2/NA.

Деловање температуре:

- температурна промена у континуално завареним шинама у летњим климатским условима: +42,5 K,
- температурна промена у континуално завареним шинама у зимским климатским условима: -52,5 K,
- температурна промена у конструкцији горњег строја моста у летњим климатским условима: +35 K,
- температурна промена у конструкцији горњег строја моста у зимским климатским условима: -35 K.

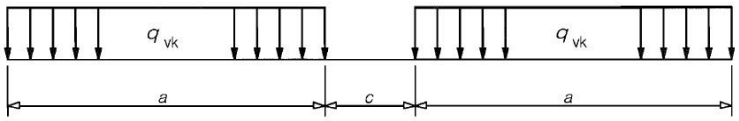
Деловање вертикалног оптерећења од воза:

- LM71



Сл. 2: Шема оптерећења LM71 (α=1,21)

- SW/0, SW/2



Load Model	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

Сл. 3: Шема оптерећења SW/0, SW/2 (α=1,21 за SW/0)

Деловање хоризонталног оптерећења од убрзање/кочења воза LM71, SW/0, SW/2:

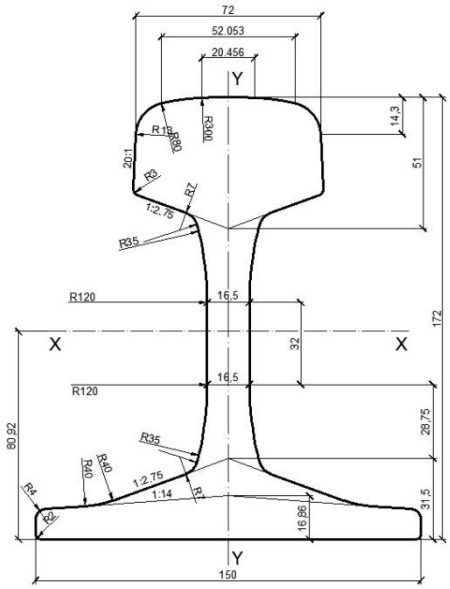
- сила убрзања воза 33 kN/m (≤1000 kN) за LM71, SW/0, SW/2 (α=1,21 за LM71, SW/0),
- сила кочења воза 20 kN/m (≤6000 kN) за LM71, SW/0 (α=1,21),
- сила кочења воза 35 kN/m за SW/2.

1.2.1.2 Улазни прорачунски параметри колосека

Улазни прорачунски параметри колосека су усклађени са: српрским стандардима SRPS EN 13146-1, SRPS EN 13230 - делови 1 и 2, SRPS EN 13231, SRPS EN 13450, SRPS EN 13481 - делови 1 и 2, SRPS EN 13674-1, SRPS EN 1991-2, Законом о безбедности и интероперабилности железничког саобраћаја, као и Правилником о техничким условима и одржавању горњег строја железничких пруга.

Шина

- попречни пресек шине 60E1 (затезна чврстоћа челика 900 N/mm^2) у складу са SRPS EN 13674-1,
- Јунгов модул еластичности шинског челика E=210 GPa,
- дозвољени додатни напон затезања у ножици шине 92 MPa у складу са SRPS EN 1991-2,
- дозвољени додатни напон притиска у шини 72 MPa у складу са SRPS EN 1991-2,
- термички коефицијент издужења шинског челика α=1,15x10^{-5} 1/K.



F	[cm^2]	76.7
m/l	[kg/m]	60.21
I_X	[cm^4]	3038.3
$W_{X,h}$	[cm^3]	333.6
$W_{X,b}$	[cm^3]	375.5
I_Y	[cm^4]	512.3
W_Y	[cm^3]	68.3
b_r	[mm]	150
h_r	[mm]	172

Сл. 4: Попречни пресек шине 60E1 са геометријским карактеристикама

Системи еластичних шинских причвршћења

За бетонске прагове у складу са серијом српских стандарда SRPS EN 13481 - делови 1 и 2 и SRPS EN 13146-1.

- минимални еластични подужни отпор померању шине ≥ 7 kN (рачунато са 9 kN) у складу са SRPS EN 13674-1,

Једноделни прагови од преднапрегнутог бетона са равном горњом површином

У складу са серијом српских стандарда SRPS EN 13481-2 и SRPS EN 13230 - делови 1 и 2.

- минимална маса прага 281 kg без шинског причвршћења,
- дужина прага 260 cm,
- подужно осно растојање између прагова 60 cm,
- минимална активна површина ослањања прага на застор 0,57 m^2.

Засторна призма од туцаника

У складу са серијом српских стандарда SRPS EN 13450 са димензијама засторне призме према SRPS EN 13231.

- минимална дебљина засторне призме на мосту испод доње ивице прага у пресеку испод шине 35 cm,
- ширина раменог дела засторне призме у бетонском кориту моста > 50 cm,
- отпор засторне призме подужном померању неоптерећеног колосека k=20 kN/m у складу са SRPS EN 1991-2,
- отпор засторне призме подужном померању оптерећеног колосека k=60 kN/m у складу са SRPS EN 1991-2.

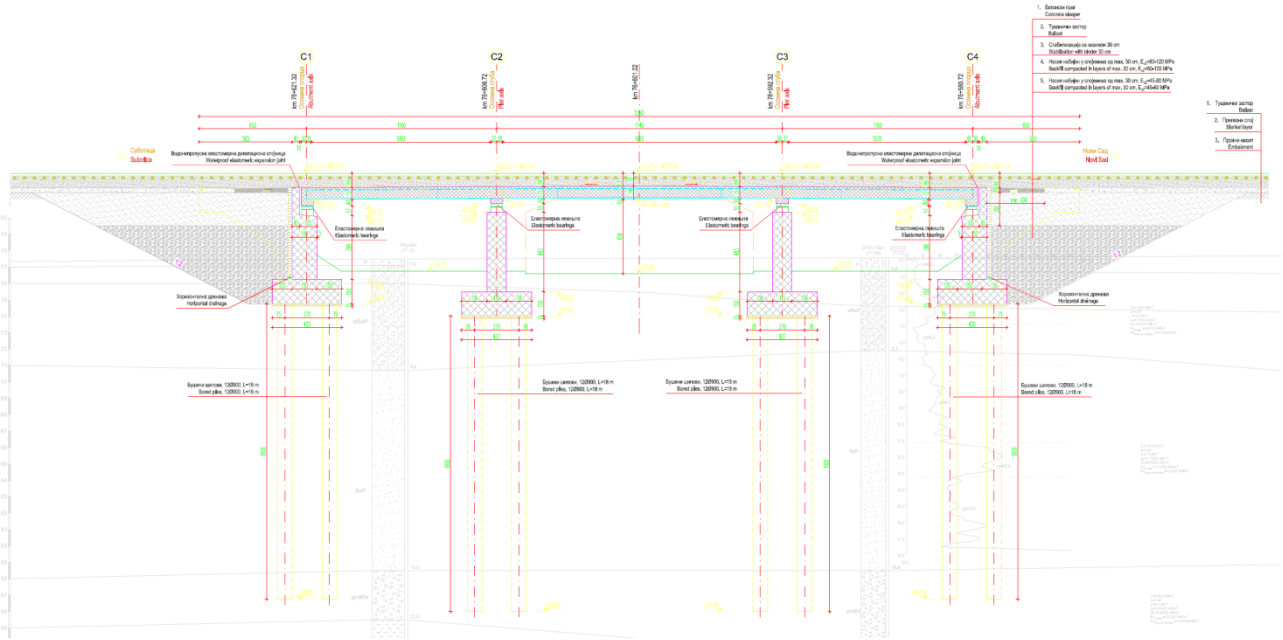
1.2.1.3 Улазни прорачунски параметри моста

Улазни прорачунски параметри моста су дефинисани у складу са карактеристикама конструкције моста.

- мост је статичког система континуалног носача распона 11,60 m + 17,40 m + 11,60 m,
- конструкцију горњег строја моста чини три међусобно дилатиране спрегнуте мостовске конструкције,
- челични I профили се изводе од челика класе S355,
- АБ носач се изводи од бетона класе C35/45,
- ослањање конструкције горњег строја моста се врши преко 40 лежишта, по 6 на оба опорца и по 14 на оба средња стуба,
- захтевана минимална подужна (хоризонтална) крутост ослонаца конструкције горњег строја моста при убрзању/кочења воза је ≥ 230000 kN/m,
- дилатациона дужина моста је L_T=20,30 m,
- мост је у правцу,
- на мосту се налази три колосека железничке пруге пројектоване за брзину V_p=100 km/h,

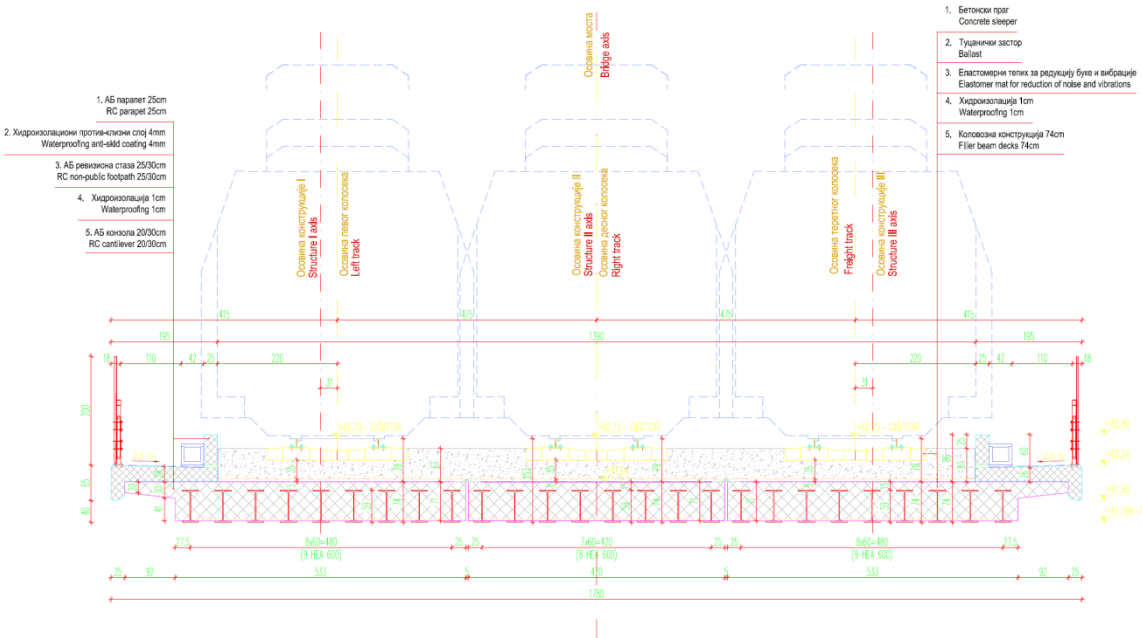
- максимално допуштено подужно релативно померање између континуално заварене шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза је ≤ 4 mm,
- максимално допуштено подужно апсолутно померање конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза је ≤ 5 mm,
- максималано допуштено подужно померање конструкције горњег строја моста услед заокретања крајева конструкције горњег строја моста под вертикалним оптерећењем од воза је ≤ 8 mm.

Подужни пресек



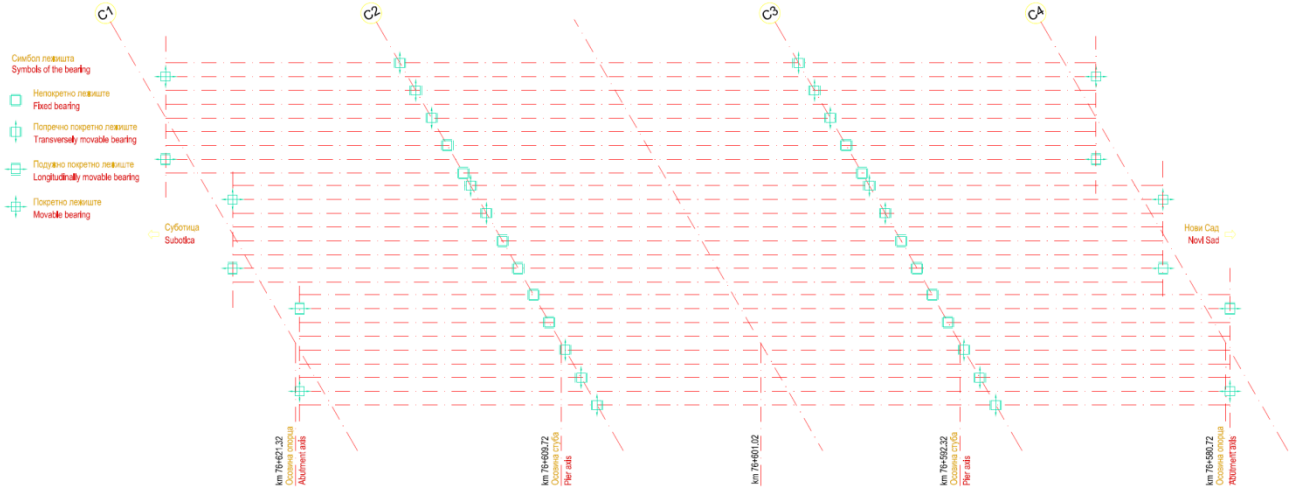
Сл. 5: Подужни пресек моста на km 76+601,02

Попречни пресек



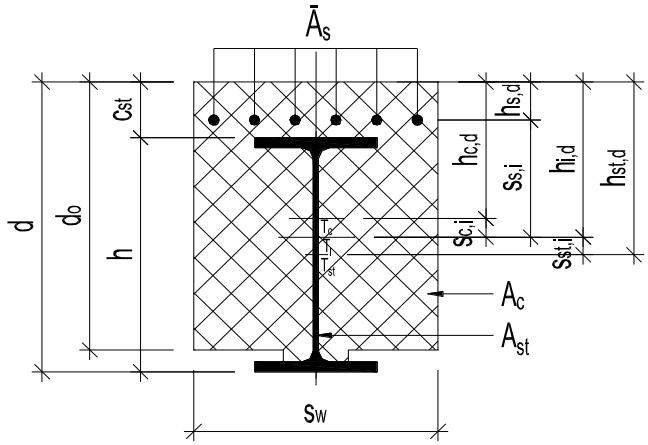
Сл. 6: Попречни пресек моста на km 76+601,02

План лежишта



Сл. 7: План лежишта моста на km 76+601,02

Геометријске карактеристике елемената конструкције горњег строја моста



$$h_{i,d} = \frac{(n-1)\cdot(A_{st}\cdot h_{st,d} + \bar{A}_s \cdot h_{s,d}) + A_c \cdot d_0/2}{(n-1)\cdot(A_{st} + \bar{A}_s) + A_c}$$

set	d [cm]	A_{st} [cm^2]	$I_{t,st}$ [cm^4]	I_{st} [cm^4]	h [cm]	$h_{st,d}$ [cm]	d_o [cm]	s_w [cm]	A_c [cm^2]	I_c [cm^4]	c_{st} [cm]	$h_{c,d}$ [cm]	$\bar{A}_s$ [cm^2]	$h_{s,d}$ [cm]
1	73	226	352	141208	59	43.5	67.5	60	3947	1541636	14	34.3	0	0
2	73	226	352	141208	59	43.5	67.5	60	3947	1541636	14	34.3	19.64	7.95

	Kratkotrajna opterećenja		n_i= 6			
set	A_i [cm^2]	$h_{i,d}^0$ [cm]	$s_{st,i}$ [cm]	$s_{c,i}$ [cm]	$s_{s,i}$ [cm]	I_i [cm^4]
1	884	36.38	-7.12	2.04	0.00	412338
2	903	35.84	-7.66	1.50	27.89	413682

	Dugotrajna opterećenja		n_v= 18			
set	A_i [cm^2]	$h_{i,d}^0$ [cm]	$s_{st,i}$ [cm]	$s_{c,i}$ [cm]	$s_{s,i}$ [cm]	I_i [cm^4]
1	445	38.86	-4.64	4.52	0.00	236197
2	465	37.59	-5.91	3.25	29.64	237962

Материјалне карактеристике елемената конструкције горњег строја моста

Челични I профили су од челика класе S355 следећих карактеристика:

Челик класе S355:

- $E=2,1x10^{8}$ kN/m^2
- v=0,3
- $\alpha=1,2x10^{-5}$ 1/C
- $\rho=76,98$ kN/m^3

АБ носач је од бетона класе C35/45 следећих карактеристика:

Бетон класе C35/45:

- $E= 3,4077x10^{7}$ kN/m^2
- v=0,2
- $\alpha=1,0x10^{-5}$ 1/C
- $\rho=23,54$ kN/m^3

Затегнута арматура у бетонском носачу је класе B500B:

Арматурни челик класе B500B:

- $E=2,1x10^{8}$ kN/m^2
- v=0,3
- $\alpha=1,2x10^{-5}$ 1/C
- $\rho=76,98$ kN/m^3

1.2.1.4 Прорачунски модел интеракције колосек - мост

На основу прорачуна интеракције колосек - мост добијају се утицаји у следећем облику:

- подужне силе у ослонцима (реакције непокретних ослонаца),
- додатни напони у шинама,
- апсолутна и релативна померања шина и конструкције горњег строја моста.

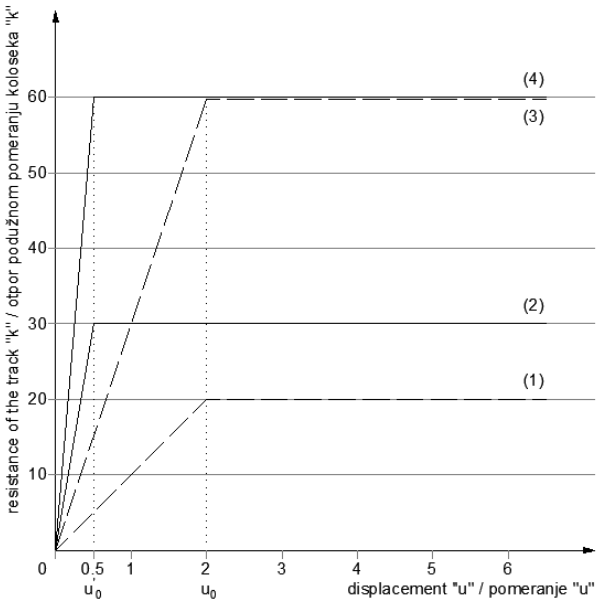
Утицаји услед интеракције се одређују итеративно, серијом нелинеарних симулација, како би се утврдило понашање система колосек - мост, услед температурних промена у конструкцији горњег строја моста, вертикалног оптерећења од воза и подужних сила услед убрзања/кочења воза.

Прорачун интеракције колосек - мост се спроводи помоћу интегралног модела конструкције колосека и конструкције моста узимајући у обзир:

- параметре моста: диспозиција моста (статички систем, распони, дилатационе дужине), геометријске карактеристике конструкције горњег строја моста, крутост и распоред ослонаца,
- параметре колосека: попречни пресек шине и квалитет шинског челика, отпор подужном померању оптерећеног и неоптерећеног колосека уз узимање у обзир билинеарног понашања везе колосек - мост,
- параметре оптерећења: температурне промене у конструкцији горњег строја моста и шинама, убрзања и кочење воза, померања и заокретања крајева конструкције горњег строја моста услед оптерећења од саобраћаја.

Веза између елемената колосека и елемената конструкције горњег строја моста моделована је помоћу еластичних веза са билинеарним понашањем у складу са српским стандардом SRPS EN 1991-2 (слика 8).

У моделу је усвојена хоризонтална крутост непокретног ослонца моста која одговара стварном померњу конструкције горњег строја моста при убрзању/кочењу воза. На тај начин се добијају утицаји у шинама који су меродавни за анализу дозвољених додатних напона и стабилност колосека при максималним летњим температурним променама, као и величине зазора при пуцању шине при максималним зимским температурним променама. Прорачунски модел узима у обзир колосек са континуално завареним шинама на дужини од 300 m испред и иза моста, што одговара максималној утицајној дужини кочења воза.



(1) - resistance of sleeper in ballast (unloaded track)
otpor podužnom pomeranju praga kroz zastor (neopterećen kolosek)

(2) - resistance of rail in sleeper (unloaded track) (frozen ballast or track without ballast)
otpor podužnom pomeranju šine u odnosu na prag (neopterećen kolosek) (smrznuti zastor ili kolosek na čvrstoj podlozi)

(3) - resistance of sleeper in ballast (loaded track)
otpor podužnom pomeranju praga kroz zastor (opterećen kolosek)

(4) - resistance of rail in sleeper (loaded track) (frozen ballast or track without ballast)
otpor podužnom pomeranju šine u odnosu na prag (opterećen kolosek) (smrznuti zastor ili kolosek na čvrstoj podlozi)

u'_0 - ultimate relative displacement of the rail to the sleeper
granično relativno pomeranje šine u odnosu na prag

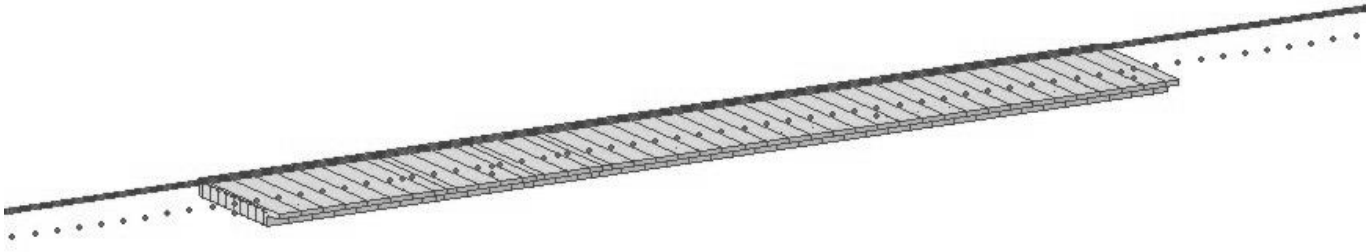
u_0 - ultimative relative displacement of the sleeper in the ballast
granično relativno pomeranje praga u odnosu na zastor

Note: / Napomena:
rail profile 60E1, concrete sleepers B70 at a distance of 60 cm and longitudinal resistance of the rail in the track 2x9 kN, minimum thickness of the compacted ballast below the sleeper is 30 cm.
šine 60E1, betonski pragovi B70 na razmaku 60 cm i podužni otpor šina u koloseku 2x9 kN, minimalna debljina zbijenog zastora ispod praga 30 cm.

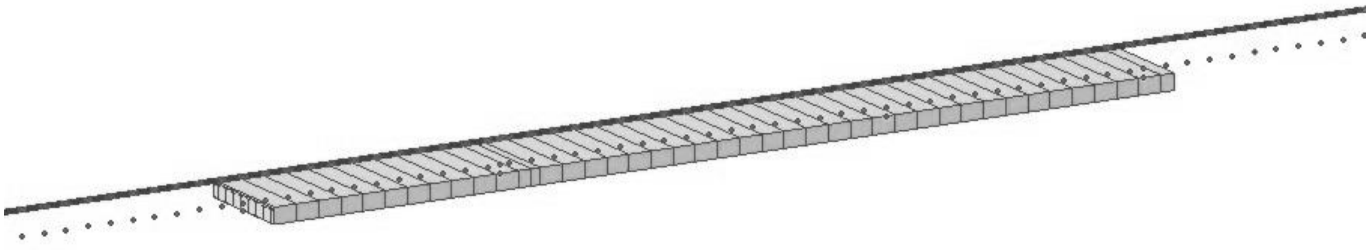
Сл. 8: Дијаграм отпора подужном померању колосека/шине

Изглед прорачунског модела

Ивична конструкција моста (леви колосек/теретни колосек)



Средња конструкција моста (десни колосек)



Сл. 9: Изглед прорачунског модела

Подужни пресек прорачунског модела

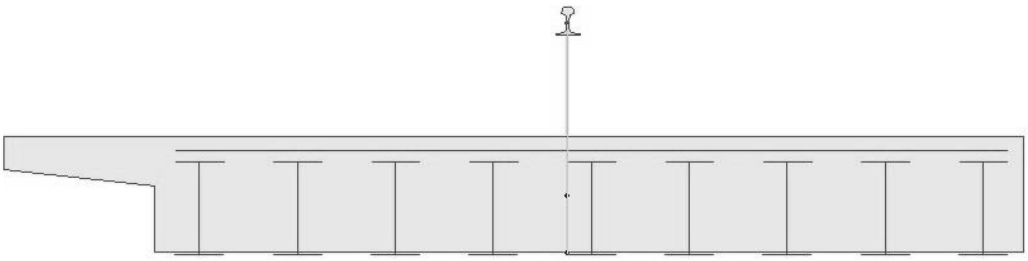
Ивична конструкција моста (леви колосек/теретни колосек)

Средња конструкција моста (десни колосек)

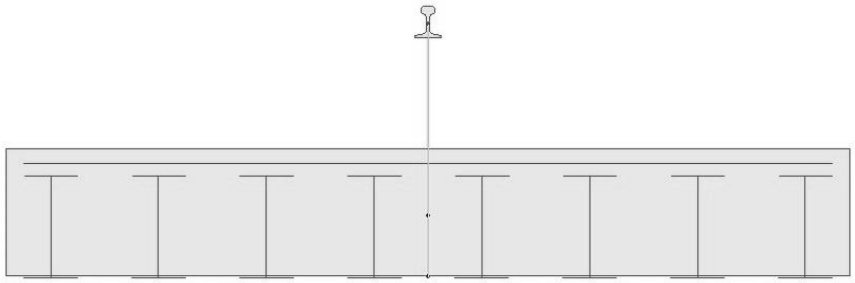
Сл. 10: Подужни пресек прорачунског модела

Попречни пресек прорачунског модела

Ивична конструкција моста (леви колосек/теретни колосек)



Средња конструкција моста (десни колосек)



Сл. 11: Попречни пресек прорачунског модела са приказом еластичних веза са билинеарним понашањем између колосека и конструкције горњег строја моста

1.2.1.5 Прорачун интеракције колосек - мост за летње климатске услове

1) Напон у шини услед температурне промене у конструкцији горњег строја моста и континуално завареној шини

Леви колосек/Теретни колосек

Максимални напон притиска у шини = **-8,06 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **0,00 MPa**

Десни колосек

Максимални напон притиска у шини = **-7,23 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **0,00 MPa**

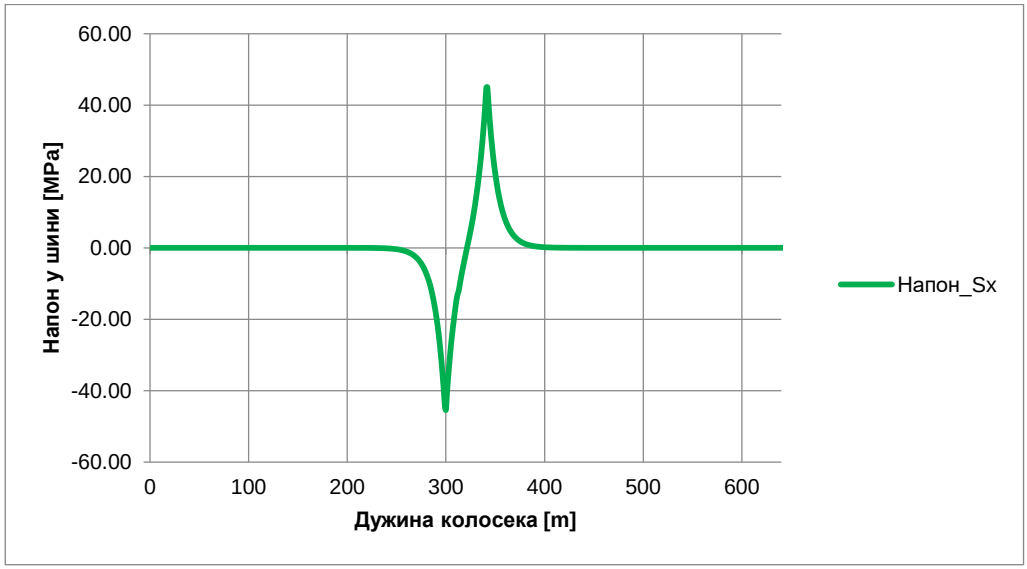
2) Напон у шини услед убрзања/кочења воза

Леви колосек/Теретни колосек (убрзање воза)

Максимални напон притиска у шини = **-48,77 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **0,00 MPa**

Десни колосек (кочење воза)

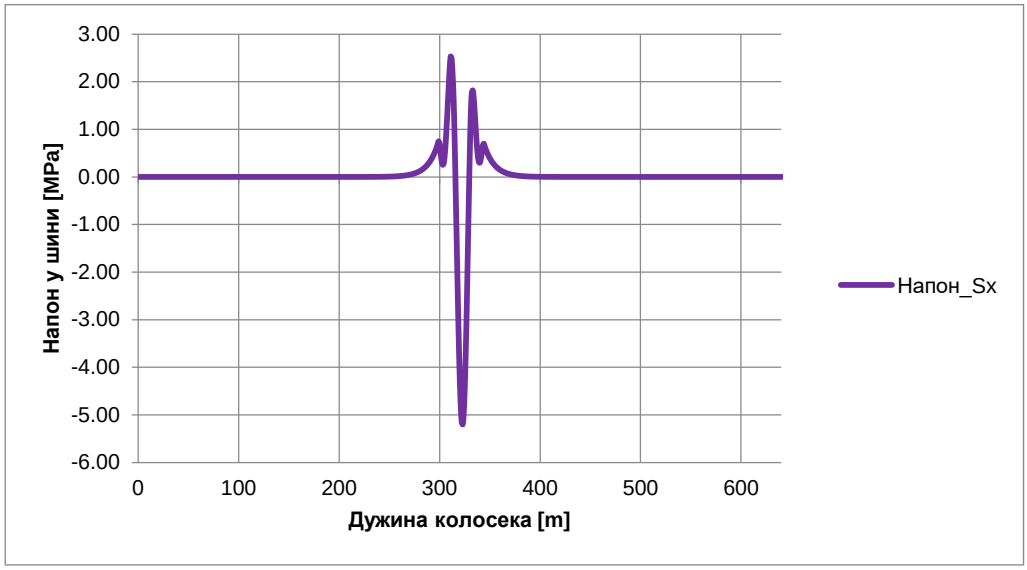


Максимални напон притиска у шини = **-45,37 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **0,00 MPa**

3) Напон у шини услед савијања у вертикалној равни од воза

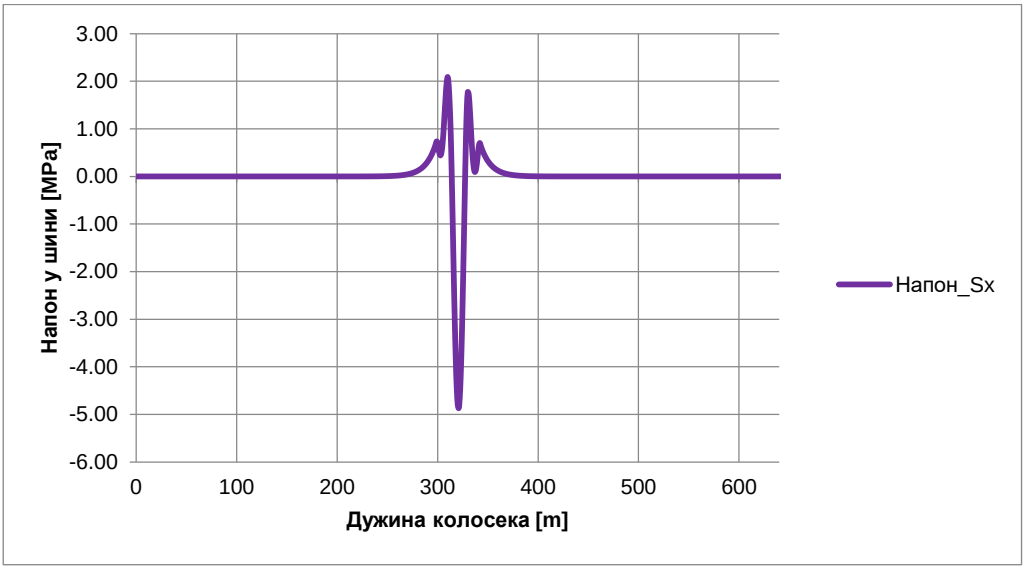
Леви колосек/Теретни колосек



Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+0,82 MPa**

Десни колосек



Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+0,83 MPa**

4) Напон у шини услед температурне промене у конструкцији горњег строја моста, убрзања/кочења воза и савијања у вертикалној равни од воза

Леви колосек/Теретни колосек

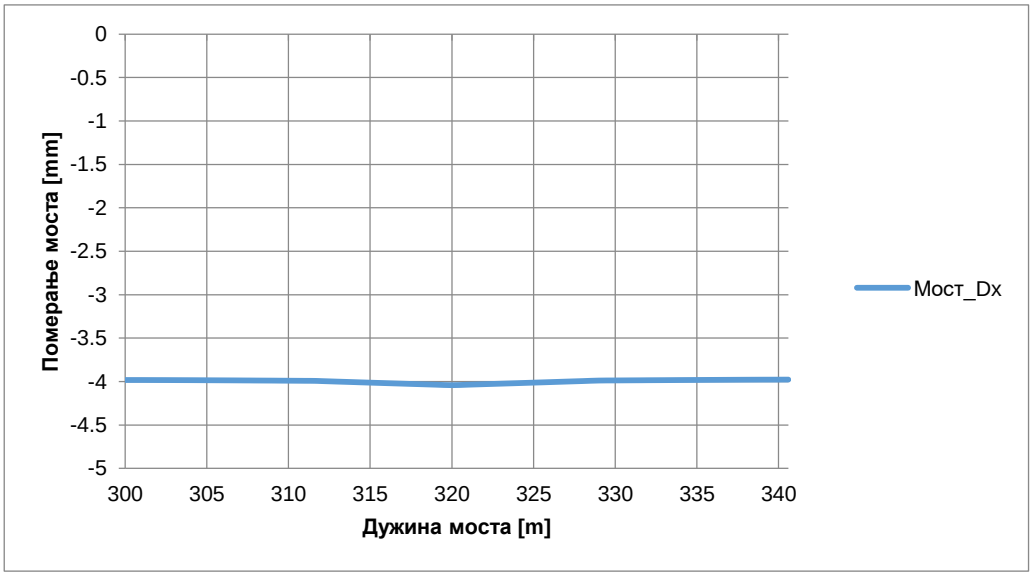
Максимални напон притиска у шини = **-8,06-48,77-0,00 = -56,83 MPa ≤ -72,00 MPa**

Десни колосек

Максимални напон притиска у шини = **-7,23-45,37-0,00 = -52,60 MPa ≤ -72,00 MPa**

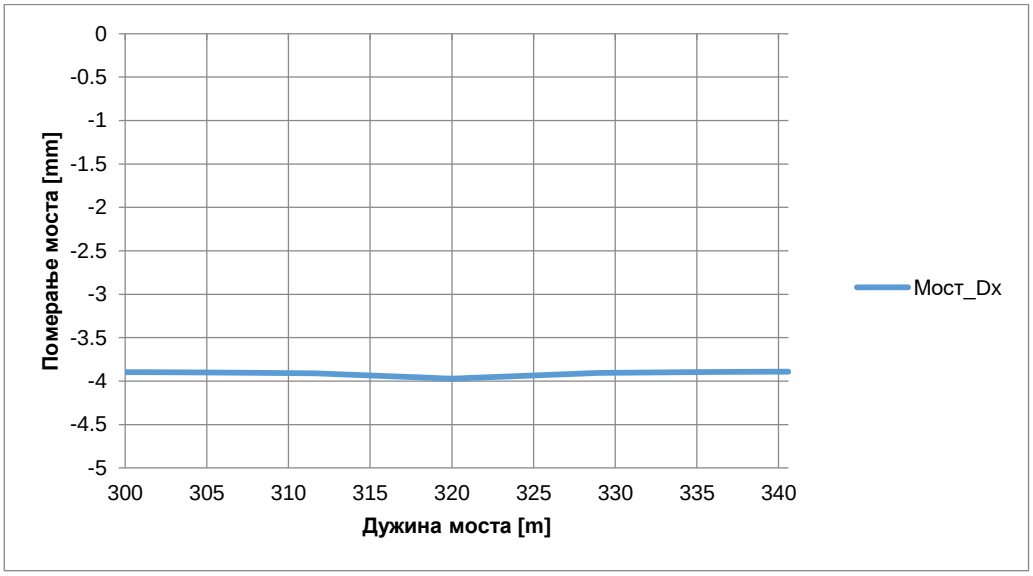
5) Апсолутно хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза

Леви колосек/Теретни колосек



Максимално апсолутно хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза = **4,04 mm ≤ 5 mm**

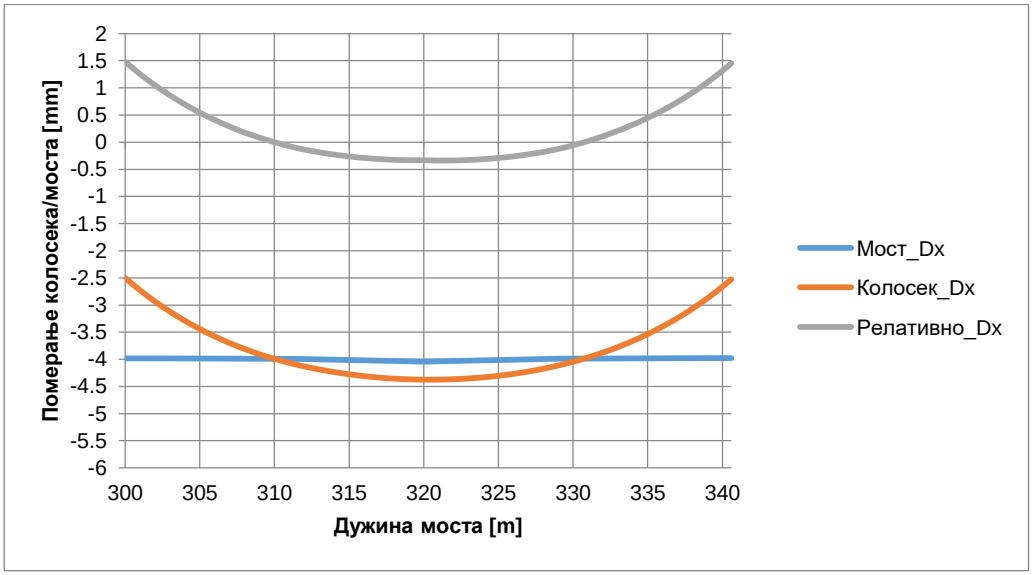
Десни колосек



Максимално апсолутно хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза = **3,97 mm ≤ 5 mm**

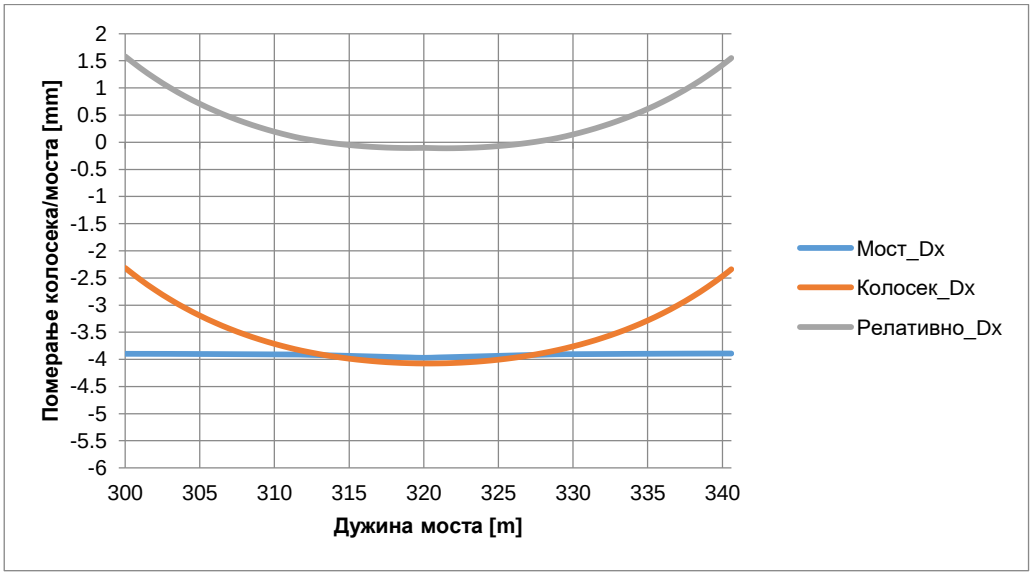
6) Релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза

Леви колосек/Теретни колосек (убрзање)



Максимално релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања воза = **1,48 mm ≤ 4 mm**

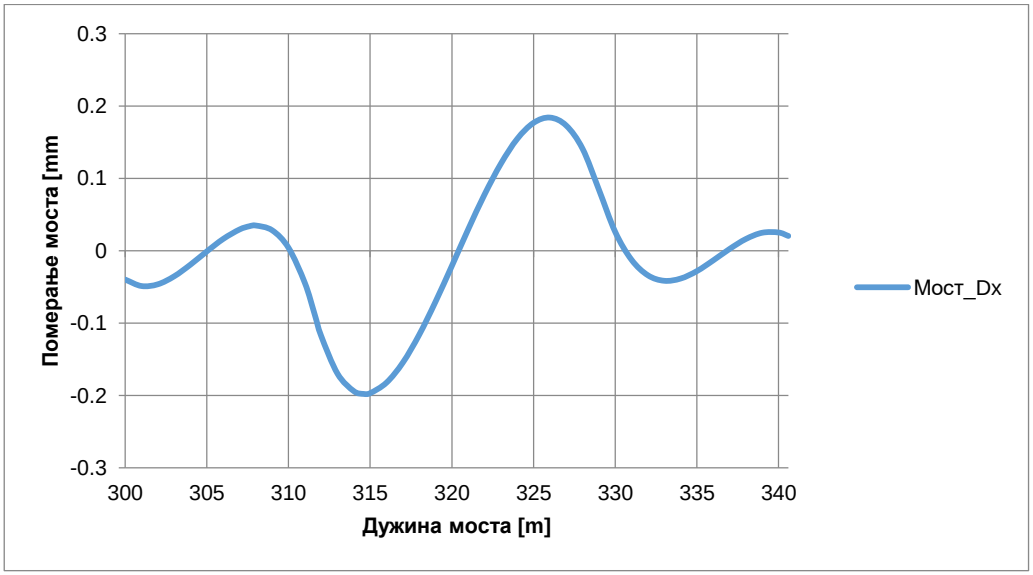
Десни колосек (кочење)



Максимално релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед кочења воза = **1,58 mm ≤ 4 mm**

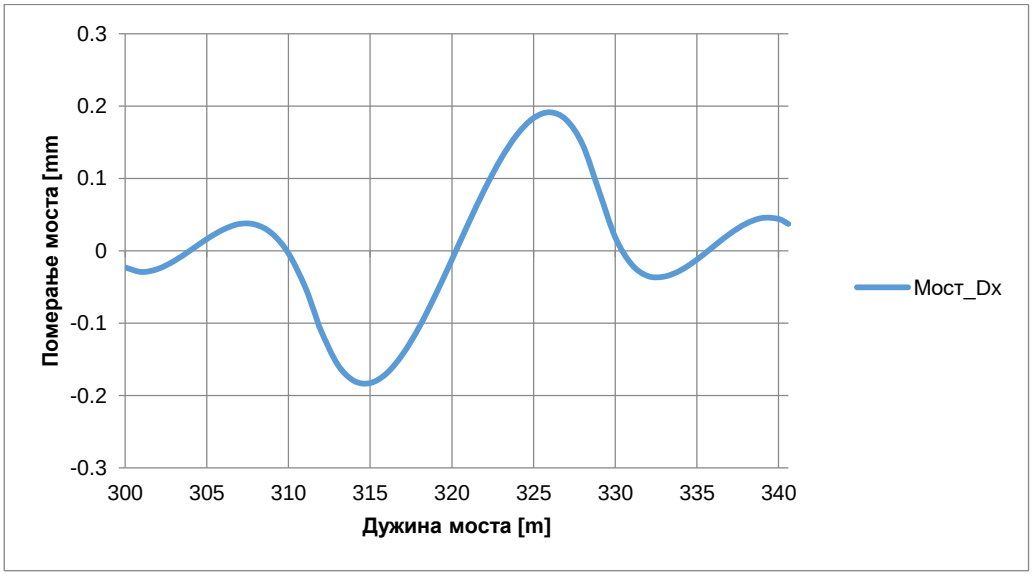
7) Хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед заокретања крајева моста под вертикалним оптерећењем од воза

Леви колосек/Теретни колосек



Максимално хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед заокретања крајева моста под вертикалним оптерећењем од воза = **0,04 mm < 8 mm**

Десни колосек



Максимално хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед заокретања крајева моста под вертикалним оптерећењем од воза = **0,04 mm < 8 mm**

1.2.1.6 Прорачун интеракције колосек - мост за зимске климатске услове

1) Напон у шини услед температурне промене у конструкцији горњег строја моста и континуално завареној шини

Леви колосек/Теретни колосек

Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = +**15,94 MPa**

Десни колосек

Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+14,38 MPa**

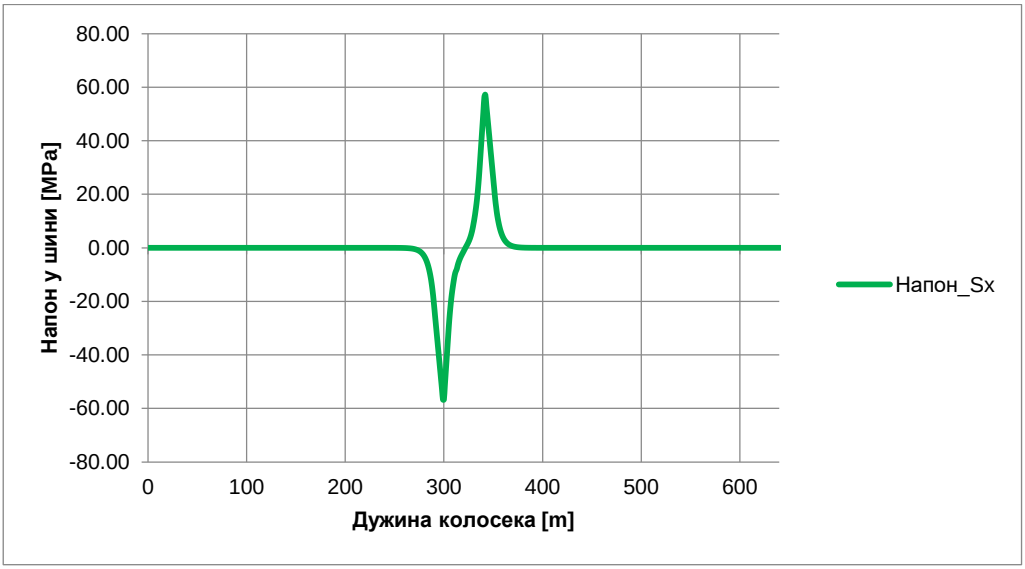
2) Напон у шини услед убрзања/кочења воза

Леви колосек/Теретни колосек (убрзање воза)

Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+58,45 MPa**

Десни колосек (кочење воза)

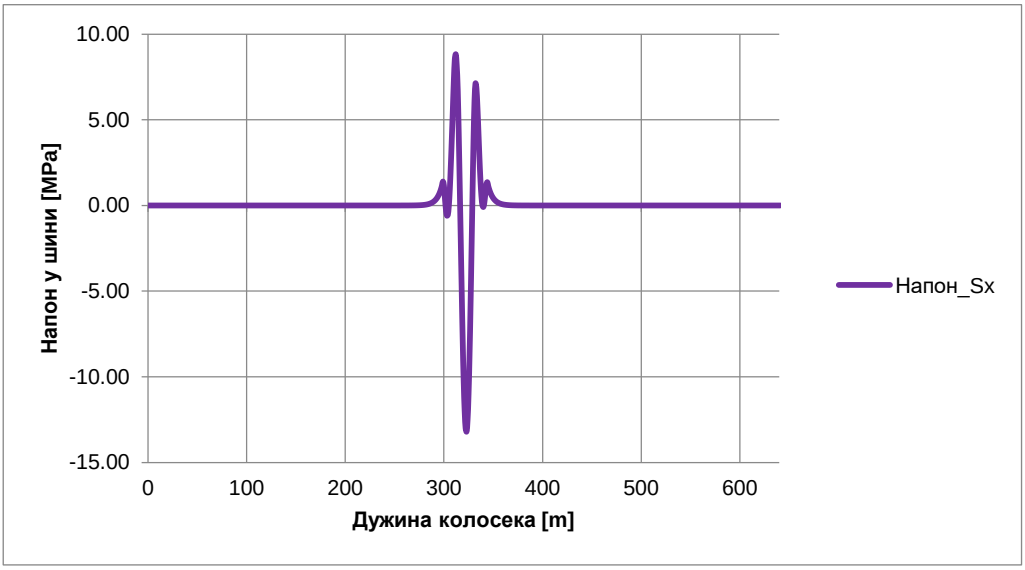


Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+57,20 MPa**

3) Напон у шини услед савијања у вертикалној равни од воза

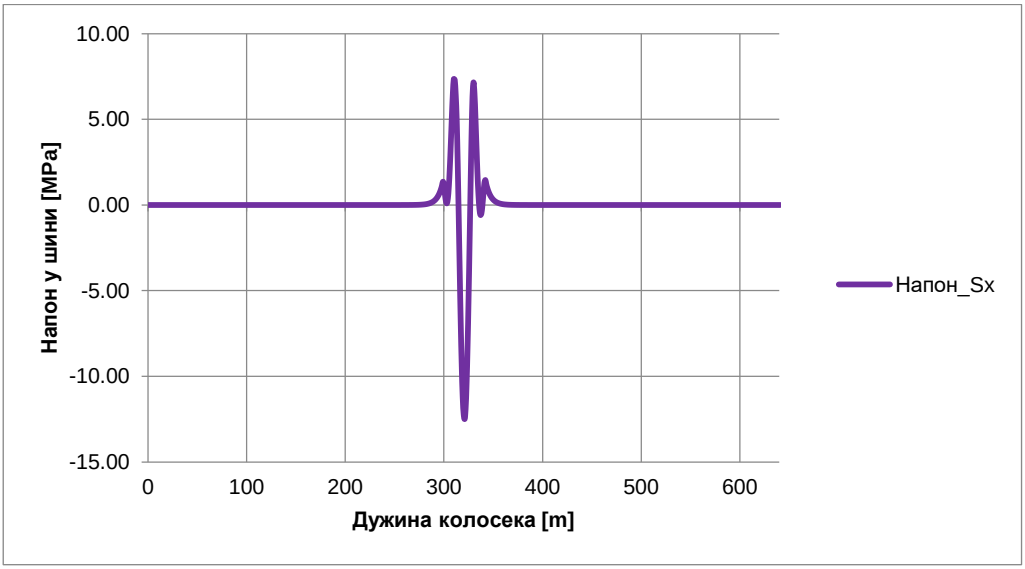
Леви колосек/Теретни колосек



Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+1,16 MPa**

Десни колосек



Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+1,20 MPa**

4) Напон у шини услед температурне промене у конструкцији горњег строја моста, убрзање/кочења воза и савијања у вертикалној равни од воза

Леви колосек/Теретни колосек

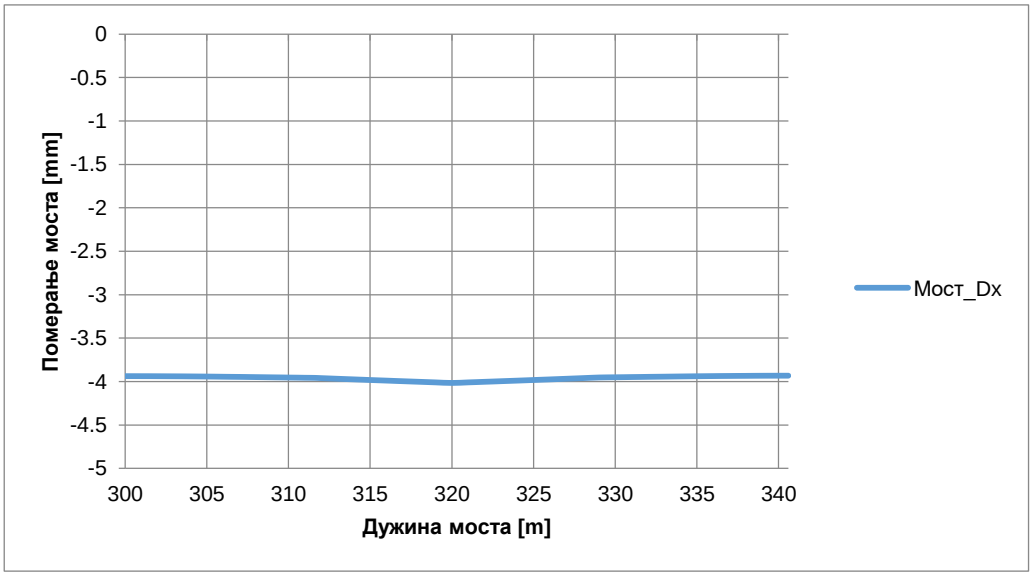
Максимални напон затезања у шини = **+15,94+58,45+1,16 = <u>+75,55 MPa ≤ +92,00 MPa</u>**

Десни колосек

Максимални напон затезања у шини **= +14,38+57,20+1,20 = <u>+72,78 MPa ≤ +92,00 MPa</u>**

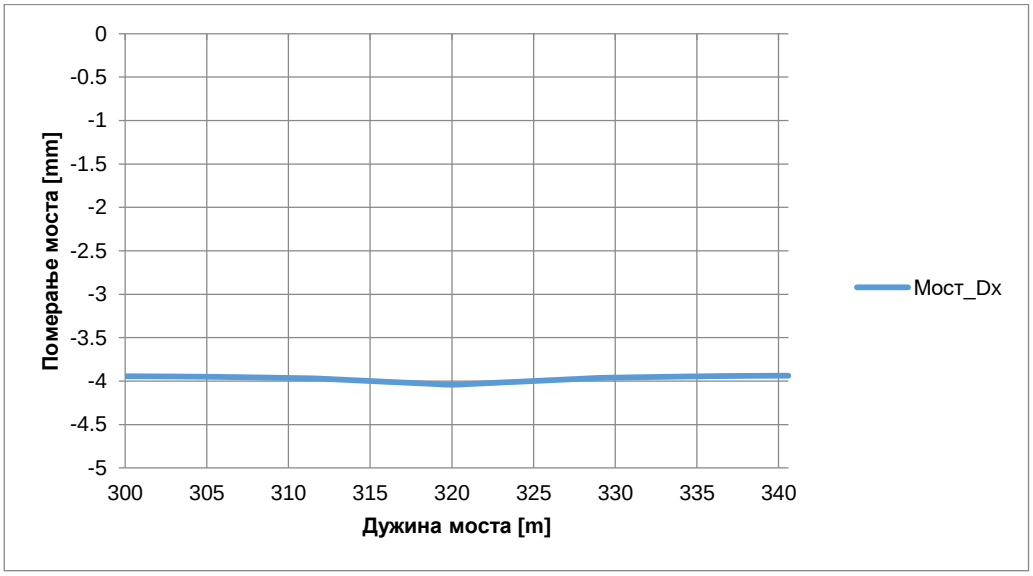
5) Апсолутно хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза

Леви колосек/Теретни колосек



Максимално апсолутно хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза = **<u>4,01 mm ≤ 5 mm</u>**

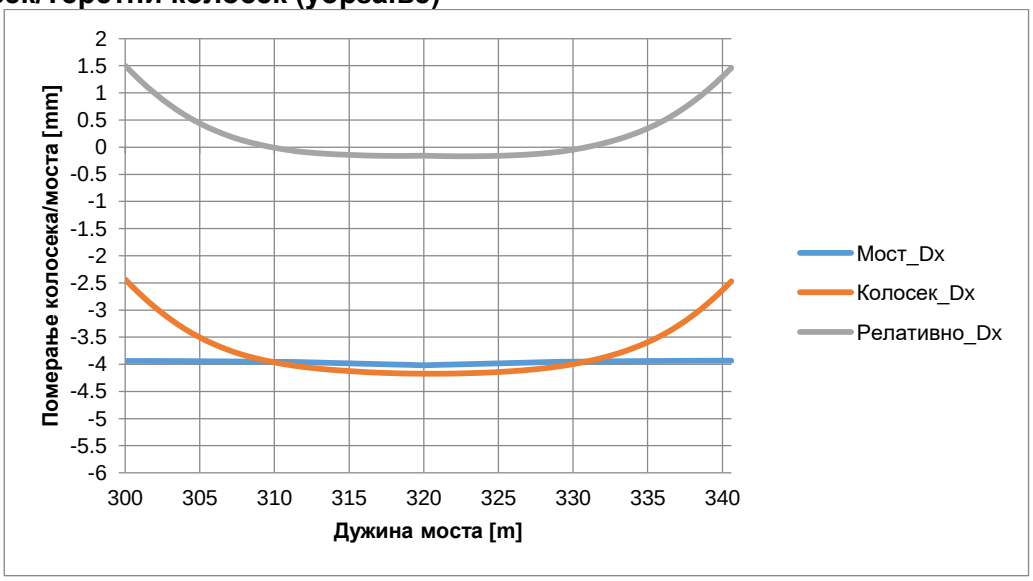
Десни колосек



Максимално апсолутно хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза = **4,04 mm ≤ 5 mm**

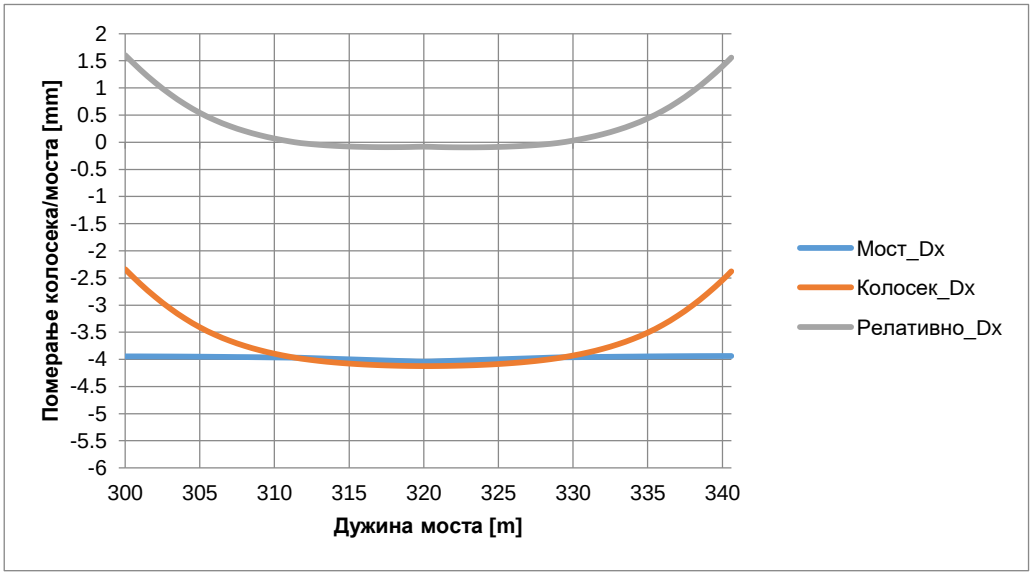
6) Релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза

Леви колосек/Теретни колосек (убрзање)



Максимално релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања воза **= 1,50 mm ≤ 4 mm**

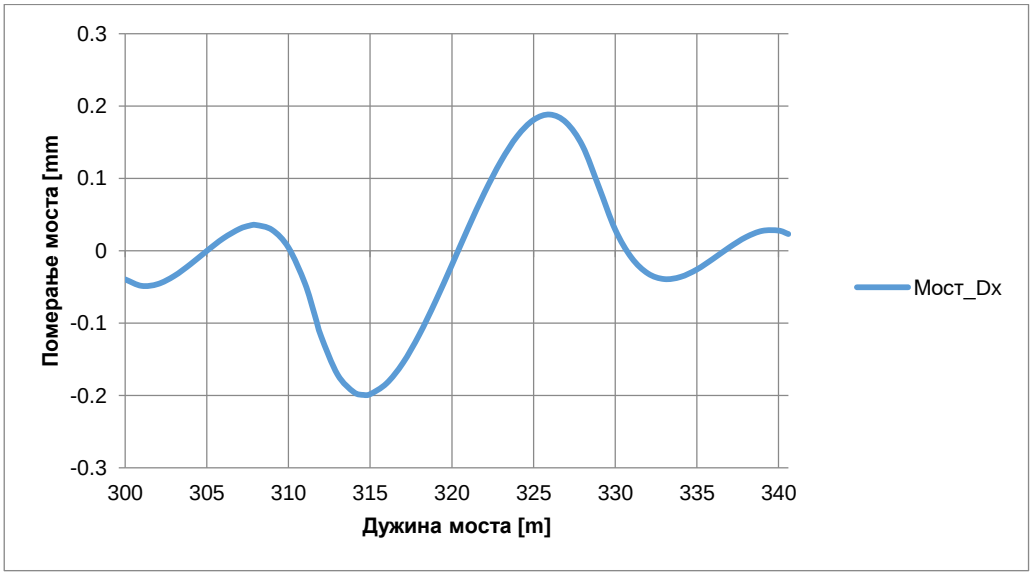
Десни колосек (кочење)



Максимално релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед кочења воза **= 1,60 mm ≤ 4 mm**

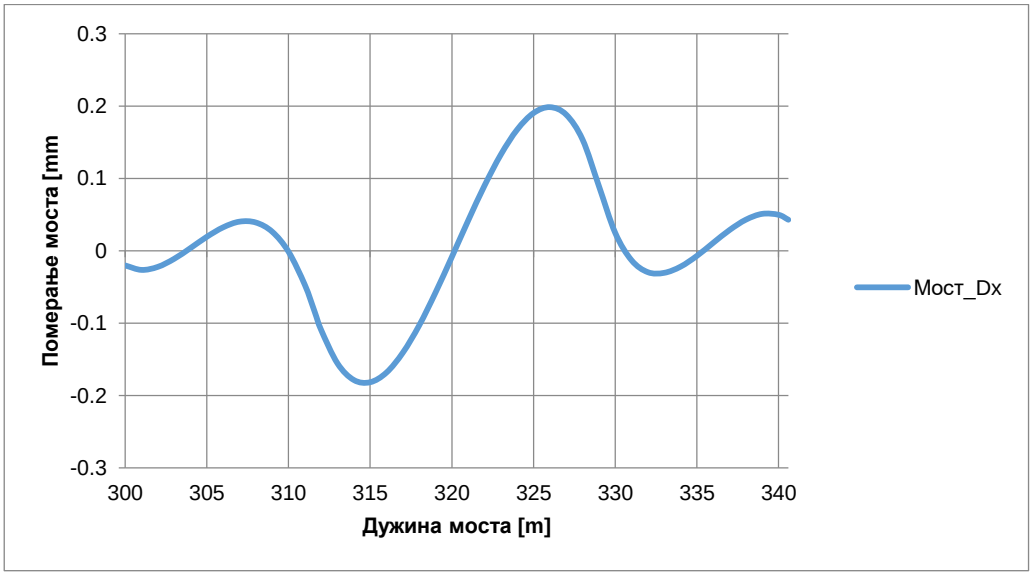
7) Хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед заокретања крајева моста под вертикалним оптерећењем од воза

Леви колосек/Теретни колосек



Максимално хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед заокретања крајева моста под вертикалним оптерећењем од воза = **0,04 mm < 8 mm**

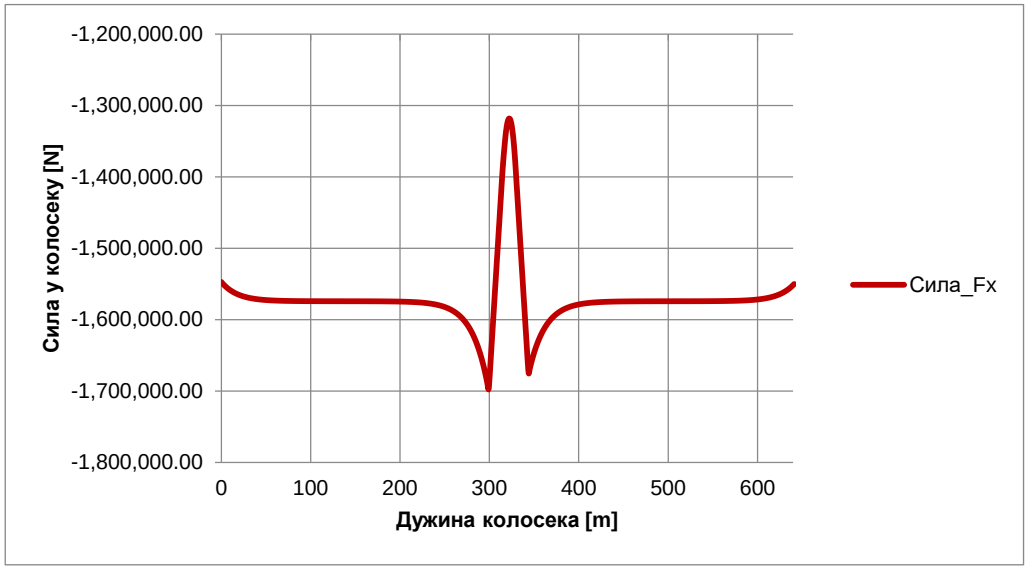
Десни колосек



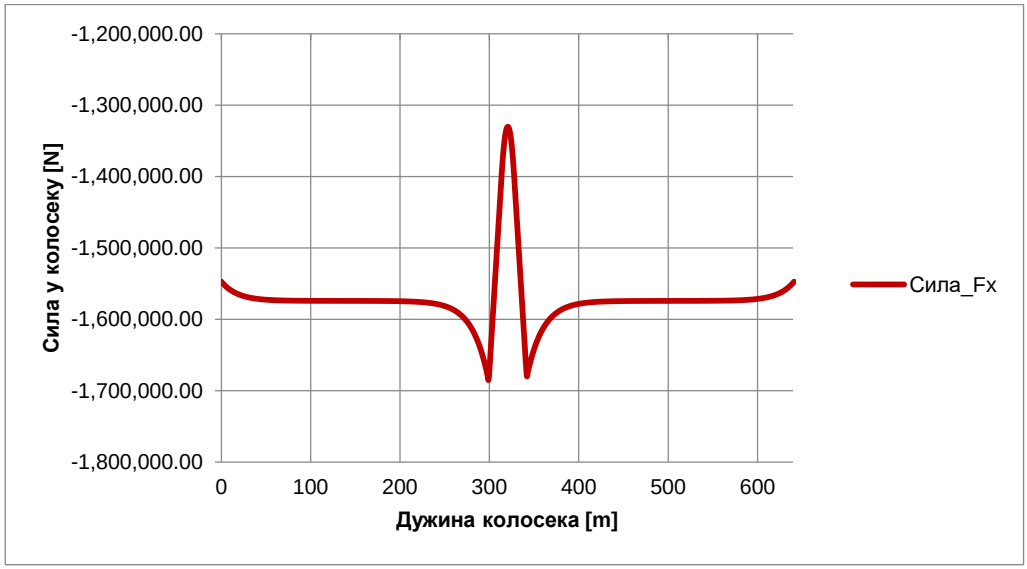
Максимално хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед заокретања крајева моста под вертикалним оптерећењем од воза = **0,04 mm < 8 mm**

1.2.1.7 Стабилност колосека у хоризонталној равни на мосту у летњим климатским условима

Леви колосек/Теретни колосек



Десни колосек



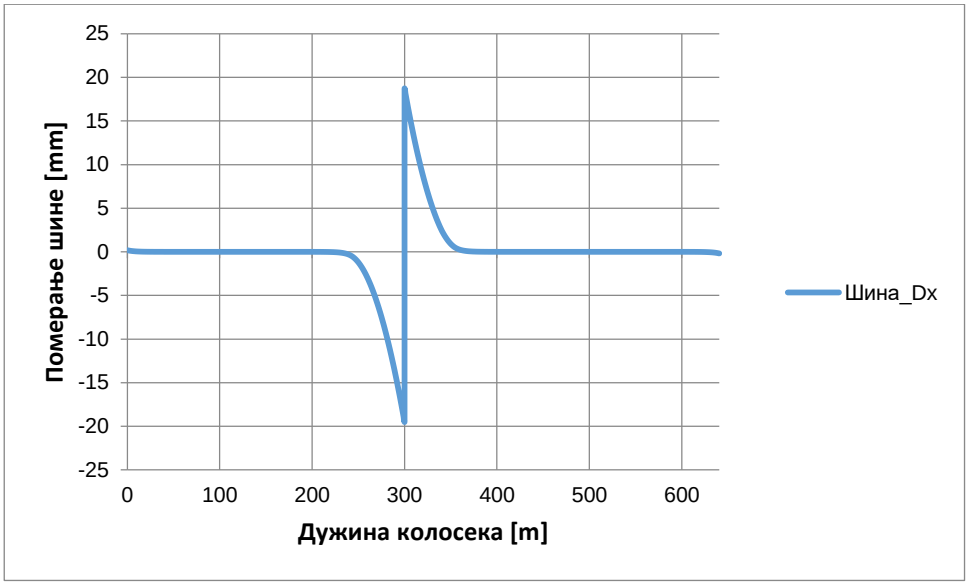
Максимална температурна сила притиска у колосеку на мосту у летњим климатским условима меродавна за прорачун стабилности колосека у хоризонталној равни = -1697970 N

Улазни параметри за прорачун стабилности колосека у хоризонталној равни на мосту при екстремним летњим климатским условима су у складу са поглављима 1.2.1.1, 1.2.1.2 и 1.2.1.3 као и резултатима прорачуна интеракције колосек/мост.

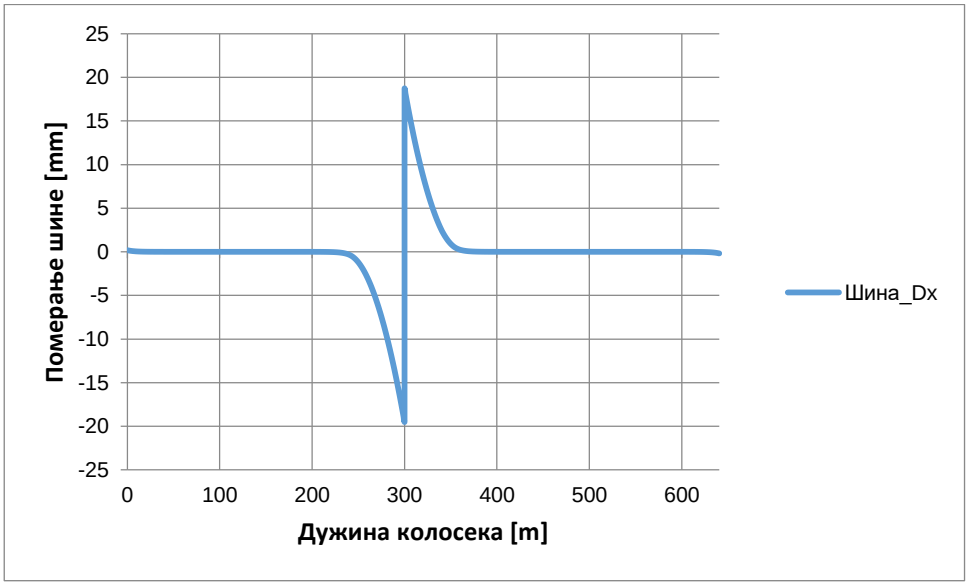
Провера стабилности колосека у хоризонталној равни спроведена је за максималну вредност силе притиска у колосеку на мосту од -1697970 N.

1.2.1.8 Величина зазора услед пуцања шине на мосту у зимским климатским условима

Леви колосек/Теретни колосек



Десни колосек



Максимална величина зазора услед пуцања шине на мосту у зимским климатским условима = **38,26 mm.**

Срачунао:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж.
лиценца број 310 3032 03

CONTENT

1.1 Textual documentation

1.1.1 Technical report

1.1.1.1 Results of the calculation of the track-bridge interaction
1.1.1.2 Results of checking the stability of the track in the horizontal plane on the bridge
1.1.1.3 Results of checking the size of the rail gap on the bridge
1.1.1.4 Technical measures to ensure safety in case of derailment of the vehicle on the bridge

1.2 Numerical documentation

1.2.1 Static calculation

1.2.1.1 Input calculation parameters of the load
1.2.1.2 Input calculation parameters of the track
1.2.1.3 Input calculation parameters of the bridge
1.2.1.4 Calculation model of track-bridge interaction
1.2.1.5 Calculation of track-bridge interaction for summer climatic conditions
1.2.1.6 Calculation of track-bridge interaction for winter climatic conditions
1.2.1.7 Track stability in the horizontal plane on the bridge in summer climatic conditions
1.2.1.8 Size of the rail gap on the bridge in winter climatic conditions

1.1 Textual documentation

1.1.1 Technical report

The calculation of the track-bridge interaction for the purpose of arranging the railway superstructure on the bridge at km 76+601.02 was performed in accordance with the requirements of the Technical Specifications of Interoperability for Infrastructure Subsystem (INF TSI).

Input design load parameters are harmonized with: Technical Specifications of Interoperability for Infrastructure Subsystem, as well as Serbian standards SRPS EN 1991-1-5, SRPS EN 1991-1-5/NA, SRPS EN 1991-2, SRPS EN 1991-2/NA.

In this sense, considered the following load due to:

- relevant temperature changes in the axis of the bridge deck and continuously welded rails,
- vertical load of the vehicle in accordance with the load scheme LM 71, SW/0, SW/2.
- horizontal load due to acceleration and/or braking of the vehicle.

All input calculation data in accordance with the bridge structure, railway superstructure, as well as railway vehicles are shown in Chapters 1.2.1.1, 1.2.1.2 and 1.2.1.3. In accordance with design speed of 100 km/h, a static calculation of the track-bridge interaction was performed. The calculation was performed using an integral model of track and bridge structures, with consideration of:

- bridge parameters: bridge disposition (static system, span, expansion length), geometrical characteristics of the bridge superstructure, stiffness and arrangement of bearings,
- track parameters: rail cross-section and rail steel quality, resistance to longitudinal displacement of unloaded and loaded track, taking into account bilinear behavior,
- load parameters: temperature change in the bridge superstructure, temperature changes in the continuously welded rails, acceleration/braking of vehicles, displacement and rotation of the ends of the bridge superstructure due to traffic load.

The connection between the track and the bridge superstructure was modeled using elastic connections with bilinear behavior. The horizontal stiffness of the supporting elements is defined in the model based on UIC 774-3 recommendations and standard SRPS EN 1991-2. In this way, the influences in the rails are obtained, which are relevant for comparison with the allowed additional stresses, proving the stability of the track in the horizontal plane for maximum summer temperatures, as well as gap size due to rail cracking for maximum winter temperatures. The calculation model takes into account the track with continuously welded rails at the length of the bridge and 300 m before and after the bridge, which corresponds to the maximum influential braking length of the vehicle. The layout of the calculation model is shown in Figures 9-11. A detailed description of the model characteristics is presented in Chapter 1.2.1.4.

1.1.1.1 Results of the calculation of the track-bridge interaction

Horizontal reactions on one (out of a total of five on the edge structure of the bridge, ie. of a total of four on the middle bridge structure) fix bridge bearing on one (out of a total of two) middle pier due to the track-bridge interaction:

Edge structure of bridge (left track/freight track):

Type of load	Summer climatic conditions	Winter climatic conditions
Temperature change in axis of the bridge and continuously welded rails	**±139,32 kN**	**±140,18 kN**
Acceleration of train	**-58,66 kN**	**-46,92 kN**
Vertical load of train	**±9,44 kN**	**±9,52 kN**
Note 1: The positive direction of the reaction corresponds to the direction of growth of the chainage. Note 2: The influence of temperature force, train acceleration force and corresponding vertical train load force or temperature force, train braking force and corresponding vertical train load force are taken for dimensioning of the bridge bearing.		

Middle structure of bridge (right track):

Type of load	Summer climatic conditions	Winter climatic conditions
Temperature change in axis of the bridge and continuously welded rails	**±171,45 kN**	**±171,13 kN**
Braking of train	**-54,33 kN**	**-42,85 kN**

Vertical load of train	**±11,80 kN**	**±11,90 kN**
Note 1: The positive direction of the reaction corresponds to the direction of growth of the chainage. Note 2: The influence of temperature force, train acceleration force and corresponding vertical train load force or temperature force, train braking force and corresponding vertical train load force are taken for dimensioning of the bridge bearing.		

Maximum additional compressive and tensile stresses in continuously welded rails:

Type of load	**Left track/Freight track**	**Right track**
Summer climatic conditions		
Temperature change in axis of the bridge and continuously welded rails	-8,06 MPa	-7,23 MPa
Acceleration of train/ Braking of train	-48,77 MPa	-45,37 MPa
Vertical load from the train	0,00 MPa	0,00 MPa
Total additional compressive/tensile stresses in the relevant sections of the continuously welded rail	**-56,83 MPa ≤ -72 MPa**	**-52,60 MPa ≤ -72 MPa**
Winter climatic conditions		
Temperature change in axis of the bridge and continuously welded rails	+15,94 MPa	+14,38 MPa
Acceleration of train/ Braking of train	+58,45 MPa	+57,20 MPa
Vertical load from the train	+1,16 MPa	+1,20 MPa
Total additional compressive/tensile stresses in the relevant sections of the continuously welded rail	**+75,55 MPa ≤ +92 MPa**	**+72,78 MPa ≤ +92 MPa**
Note 1: Pressure stresses with sign (-), tensile stresses with sign (+)		

Maximum absolute and relative displacements of the track and the bridge superstructure:

Edge structure of bridge (left track/freight track):

Type of displacement	**Summer climatic conditions**	**Winter climatic conditions**
Absolute horizontal displacement of the bridge superstructure due to acceleration/braking of the train	**4,04 mm ≤ 5 mm**	**4,01 mm ≤ 5 mm**
Relative horizontal displacement between the rail and the bridge superstructure due to acceleration/braking of the train	**1,48 mm ≤ 4 mm (acceleration)**	**1,50 mm ≤ 4 mm (acceleration)**
Horizontal displacement due to rotating of the bridge ends under the vertical load from the train	**0,04 mm ≤ 8mm**	**0,04 mm ≤ 8mm**

Middle structure of bridge (right track):

Type of displacement	**Summer climatic conditions**	**Winter climatic conditions**
Absolute horizontal displacement of the bridge superstructure due to acceleration/braking of the train	**3,97 mm ≤ 5 mm**	**4,04 mm ≤ 5 mm**
Relative horizontal displacement between the rail and the bridge superstructure due to acceleration/braking of the train	**1,58 mm ≤ 4 mm (braking)**	**1,60 mm ≤ 4 mm (braking)**
Horizontal displacement due to rotating of the bridge ends under the vertical load from the train	**0,04 mm ≤ 8mm**	**0,04 mm ≤ 8mm**

1.1.1.2 Results of checking the stability of the track in the horizontal plane on the bridge

Input parameters for checking the stability of the track in the horizontal plane on the bridge at extreme summer temperatures in the rails and the bridge superstructure were adopted in accordance with Chapter 1.2.1.7 and based on the results of the calculation of the track-bridge interaction.

Checking the stability of the track in the horizontal plane was carried out for the maximum value of the pressure force in the track on the bridge -1697970 N.

1.1.1.3 Results of checking the size of the rail gap on the bridge

The calculation was performed under the assumption that the maximum longitudinal resistance during elastic displacement of the rail through the system of elastic rail fastening is 30 kN/m, which corresponds to the force of longitudinal resistance 9 kN.

The calculated value of the rail gap in winter conditions is approximately 38,26 mm.

1.1.1.4 Technical measures to ensure safety in case of derailment of the vehicle on the bridge

- The guard rails, to keep trains on the track in the event of derailment, must be installed, as they can provide safety at speeds up to 160 km/h. The role of the guard rails is to keep the vehicle on track if it derailment on the bridge. In that way, the structure of the bridge is protected from damage and other negative consequences of derailment are reduced (for example. the vehicle fell off the bridge after derailment). Guard rails are mounted on sleepers with a flat upper surface. Guard rails are extended by 10 m to the embankments before and after the bridge and are connected in the middle of the track. It is necessary to ensure that the curb upper edge of the concrete bridge deck is 25 cm above the upper edge of the sleeper.

1.2 Numerical documentation

1.2.1 Static calculation

1.2.1.1 Input calculation parameters of the load

Input calculation parameters of load are harmonized with: Technical specifications of interoperability for subsystem of infrastructure, as well as Serbian standards SRPS EN 1991-1-5, SRPS EN 1991-1-5/NA, SRPS EN 1991-2, SRPS EN 1991-2/NA.

Temperature:

- temperature change in continuously welded rails in summer climatic conditions: +42,5 K,
- temperature change in continuously welded rails in winter climatic conditions: -52,5 K,
- temperature change in the bridge superstructure in summer climatic conditions: +35 K,
- temperature change in the bridge superstructure in winter climatic conditions: -35 K.

Vertical load from the train:

- LM71

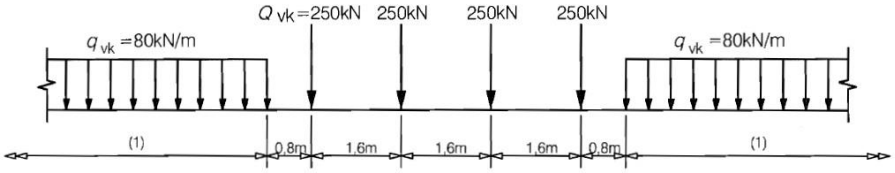
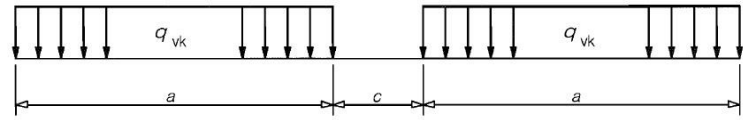


Fig. 2: Load model LM71 (α=1,21)

- SW/0, SW/2



Load Model	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

Fig. 3: Load model SW/0, SW/2 (α=1,21 for SW/0)

Horizontal load from train acceleration/braking LM71, SW/0, SW/2:

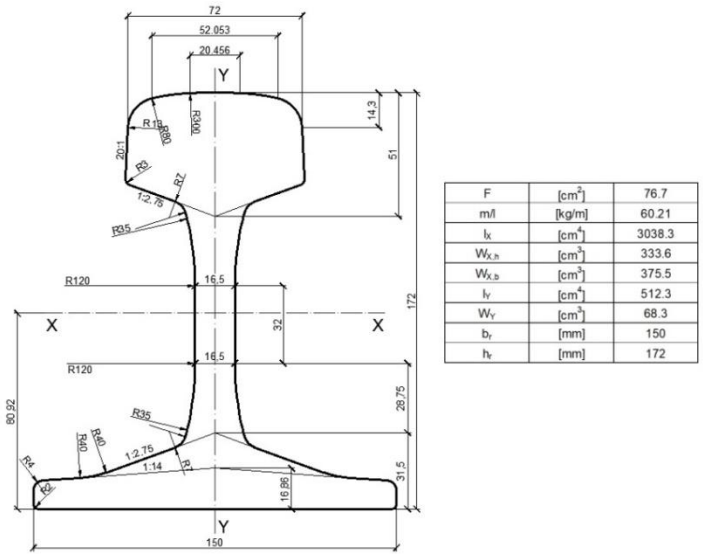
- train acceleration force 33 kN/m (≤1000 kN) for LM71, SW/0, SW/2 (α=1,21 for LM71, SW/0),
- train braking force 20 kN/m (≤6000 kN) for LM71, SW/0 (α=1,21),
- train braking force 35 kN/m for SW/2.

1.2.1.2 Input calculation parameters of the track

The input calculation parameters of the track are harmonized with: Serbian standards SRPS EN 13146-1, SRPS EN 13230 - parts 1 and 2, SRPS EN 13231, SRPS EN 13450, SRPS EN 13481 - parts 1 and 2, SRPS EN 13674-1, SRPS EN 1991-2, Law on the Safety of Railway Transport and Interoperability, as well as the Rulebook on Technical Conditions and Maintenance of the Railway Superstructure.

Rail

- rail cross-section 60E1 (tensile strength of steel 900 N/mm^2) in accordance with SRPS EN 13674-1,
- Young's modulus of elasticity of rail steel E=210 GPa,
- allowable additional tensile stress in rail foot 92 MPa in accordance with SRPS EN 1991-2,
- permissible additional pressure stress in rail 72 MPa in accordance with SRPS EN 1991-2,
- thermal expansion coefficient of rail steel α=1,15x10^{-5} 1/K.



F	[cm^2]	76.7
m/l	[kg/m]	60.21
I_X	[cm^4]	3038.3
$W_{X,h}$	[cm^3]	333.6
$W_{X,b}$	[cm^3]	375.5
I_Y	[cm^4]	512.3
W_Y	[cm^3]	68.3
b_r	[mm]	150
h_r	[mm]	172

Fig. 4: Rail cross-section 60E1 with geometric characteristics

Elastic rail fastening systems

For concrete sleepers in accordance with a series of Serbian standards SRPS EN 13481 - parts 1 and 2 and SRPS EN 13146-1.

- minimum longitudinal resistance to rail displacement ≥ 7 kN (calculated with 9 kN) in accordance with SRPS EN 13674-1,

Mono block prestressed concrete sleepers with a flat top surface

In accordance with a series of Serbian standards SRPS EN 13481-2 and SRPS EN 13230 - parts 1 and 2.

- minimum sleeper mass 281 kg without rail fastening,
- sleeper length 260 cm,
- longitudinal axial distance between sleepers 60 cm,
- minimum active backing surface of sleeper on ballast 0,57 m^2.

Ballast prism of gravel

In accordance with a series of Serbian standards SRPS EN 13450 with the dimensions of the ballast prism according to SRPS EN 13231.

- the minimum thickness of the ballast prism on the bridge below the lower edge of the sleeper in the cross-section below the rail 35 cm,
- width of the shoulder part of the ballast prism on the concrete deck of the bridge > 50 cm,
- resistance of the ballast prism to the longitudinal displacement of the unloaded track k=20 kN/m in accordance with SRPS EN 1991-2,
- resistance of the ballast prism to the longitudinal displacement of the loaded track k=60 kN/m in accordance with SRPS EN 1991-2.

1.2.1.3 Input calculation parameters of the bridge

The input design parameters of the bridge are defined in accordance with the characteristics of the bridge structure.

- the bridge is a continuous girder static system with spans 11.60 m + 17.40 m + 11.60 m,
- the bridge superstructure consists of three mutually dilated composite bridge structures,
- steel I profiles are constructed from steel grade S355,
- concrete deck is made of concrete class C35/45,
- the support of bridge superstructure is done over 40 bearings, 6 on each abutment, and 14 on each middle pier,
- the required minimum longitudinal (horizontal) stiffness of the supports of bridge superstructure due to acceleration/braking train is ≥ 230000 kN/m,
- the expansion length of the bridge is L_T=20.30 m,
- bridge is straight,
- on the bridge there are a three track of railway designed for speed V_p=100 km/h,
- the maximum permissible longitudinal relative displacement between the continuously welded rail and the bridge superstructure due to acceleration/braking of the train is ≤ 4 mm,

- the maximum permissible longitudinal absolute displacement of the bridge superstructure due to acceleration/braking of the train is ≤ 5 mm,
- the maximum permissible longitudinal displacement of the bridge superstructure due to the rotation of the ends of the bridge superstructure under the vertical load from the train is ≤ 8 mm.

Longitudinal section

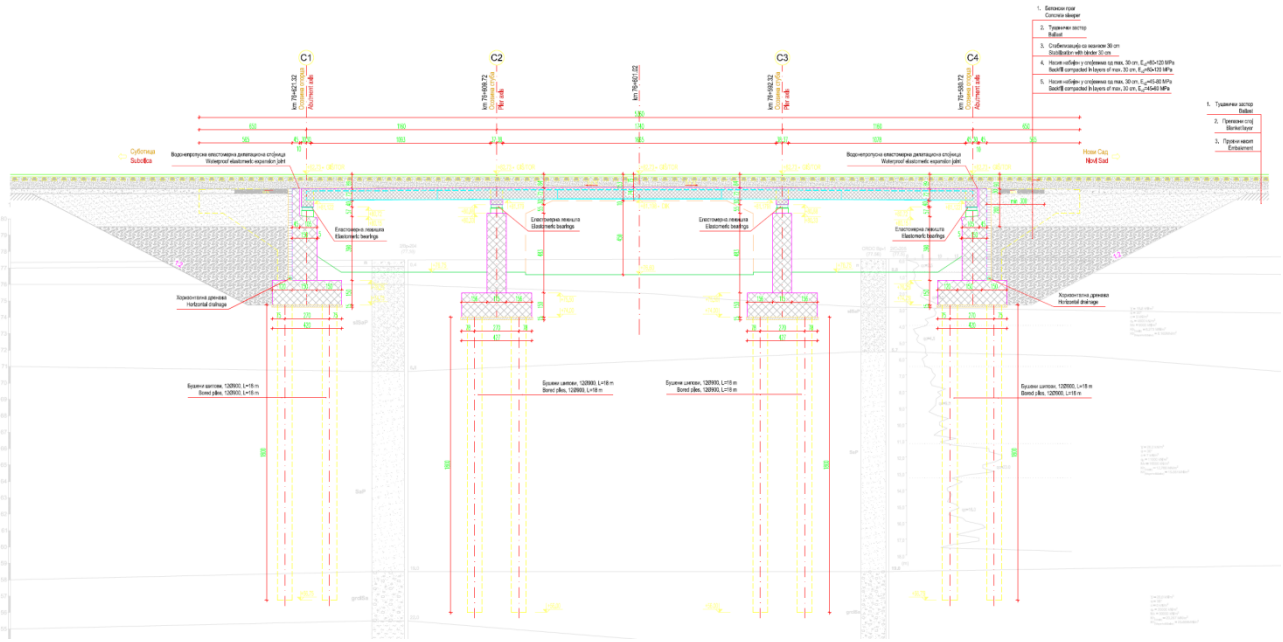


Fig. 5: Longitudinal section of the bridge on km 76+601.02

Cross-section

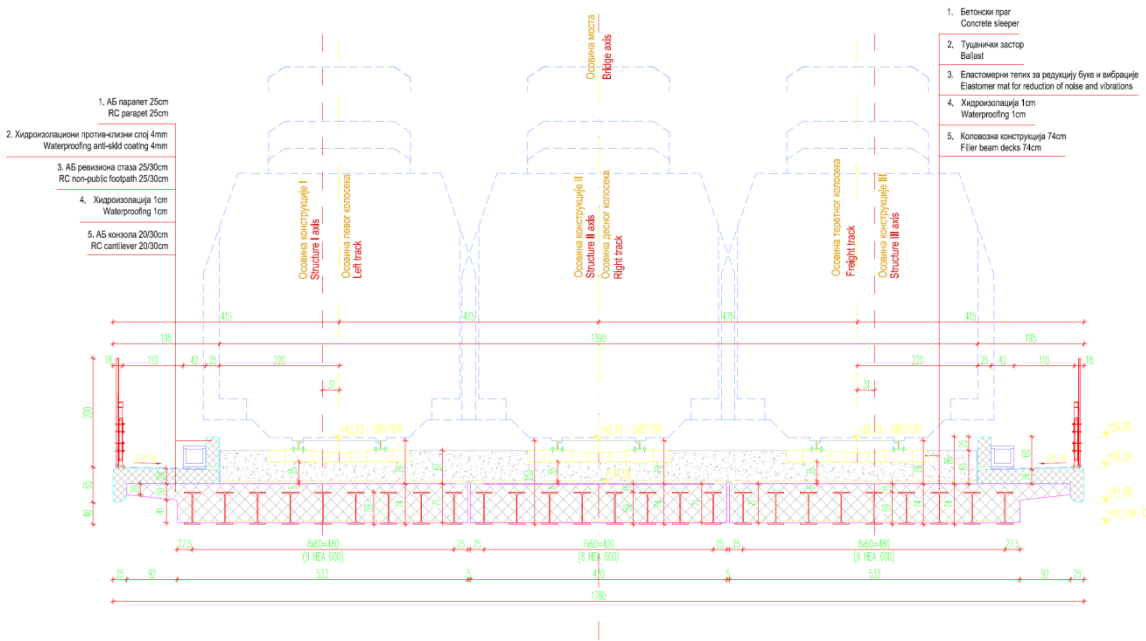


Fig. 6: Cross-section of the bridge on km 76+601.02

Bearing scheme

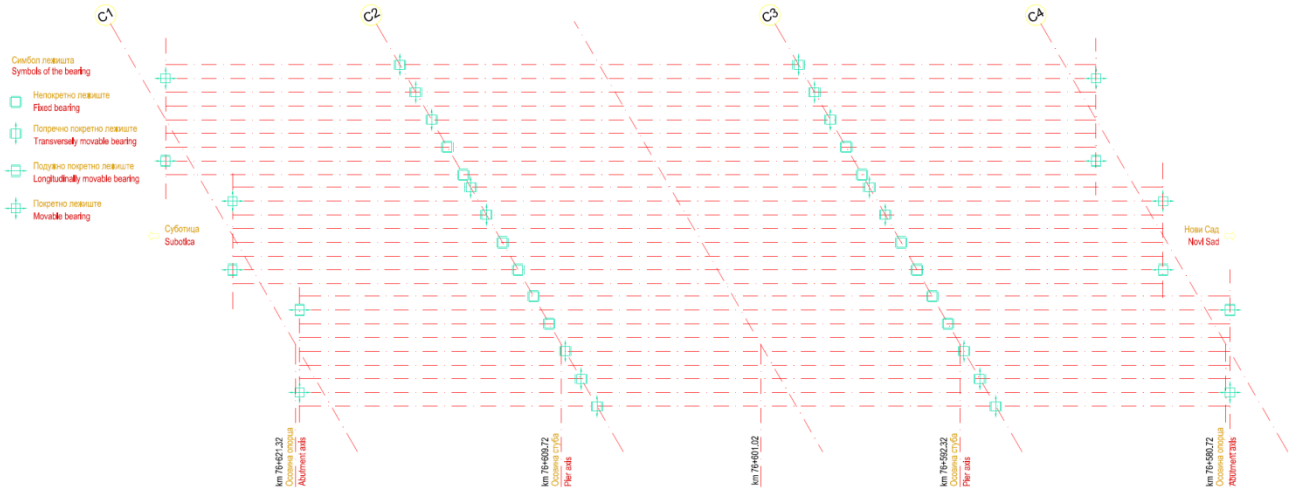
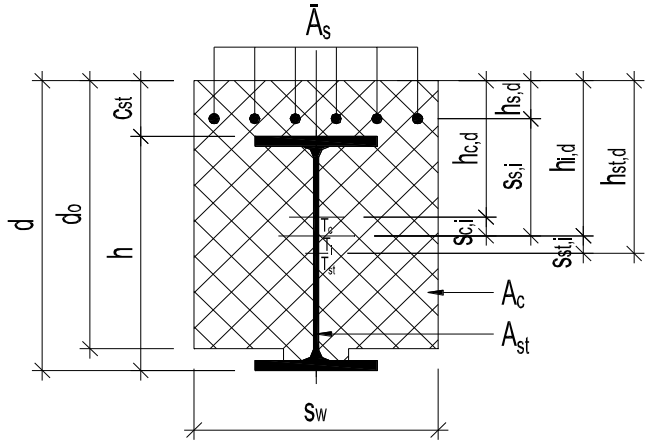


Fig. 7: Bearing scheme of bridge on km 76+601.02

Geometrical characteristics of elements bridge superstructure



$$h_{i,d} = \frac{(n-1)\cdot(A_{st}\cdot h_{st,d} + \bar{A}_s \cdot h_{s,d}) + A_c \cdot d_0/2}{(n-1)\cdot(A_{st} + \bar{A}_s) + A_c}$$

set	d [cm]	A_{st} [cm^2]	$I_{t,st}$ [cm^4]	I_{st} [cm^4]	h [cm]	$h_{st,d}$ [cm]	d_o [cm]	s_w [cm]	A_c [cm^2]	I_c [cm^4]	c_{st} [cm]	$h_{c,d}$ [cm]	$\bar{A}_s$ [cm^2]	$h_{s,d}$ [cm]
1	73	226	352	141208	59	43.5	67.5	60	3947	1541636	14	34.3	0	0
2	73	226	352	141208	59	43.5	67.5	60	3947	1541636	14	34.3	19.64	7.95

	Kratkotrajna opterećenja		n_i= 6			
set	A_i [cm^2]	$h_{i,d}^0$ [cm]	$s_{st,i}$ [cm]	$s_{c,i}$ [cm]	$s_{s,i}$ [cm]	I_i [cm^4]
1	884	36.38	-7.12	2.04	0.00	412338
2	903	35.84	-7.66	1.50	27.89	413682

	Dugotrajna opterećenja		n_v= 18			
set	A_i [cm^2]	$h_{i,d}^0$ [cm]	$s_{st,i}$ [cm]	$s_{c,i}$ [cm]	$s_{s,i}$ [cm]	I_i [cm^4]
1	445	38.86	-4.64	4.52	0.00	236197
2	465	37.59	-5.91	3.25	29.64	237962

Material characteristics of the elements bridge superstructure

Steel I profile are of steel grade S355 with the following characteristics:

Steel grade S355:

- $E=2,1x10^{8}$ kN/m^2
- v=0,3
- $\alpha=1,2x10^{-5}$ 1/C
- $\rho=76,98$ kN/m^3

Concrete deck is made of concrete class C35/45 with the following characteristics:

Concrete class C35/45:

- $E= 3,4077x10^{7}$ kN/m^2
- v=0,2
- $\alpha=1,0x10^{-5}$ 1/C
- $\rho=23,54$ kN/m^3

Steel reinforcement in the concrete is grade B500B:

Steel reinforcement grade B500B:

- $E=2,1x10^{8}$ kN/m^2
- v=0,3
- $\alpha=1,2x10^{-5}$ 1/C
- $\rho=76,98$ kN/m^3

1.2.1.4 Calculation model of track-bridge interaction

Based on the calculation of the track-bridge interaction, the influences are obtained in the following form:

- longitudinal forces in supports (reactions of fixed supports),
- additional stresses in rails,
- absolute and relative displacements of the rails and the bridge superstructure.

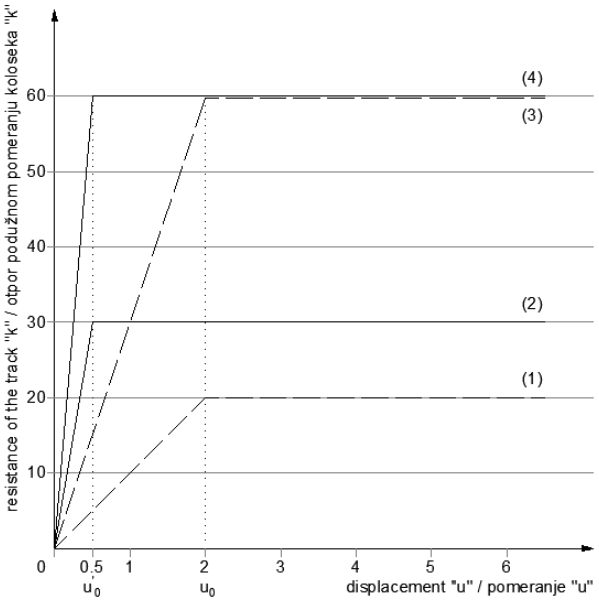
Influences due to interaction are determined iteratively, by a series of nonlinear simulations, in order to determine the behavior of the track-bridge system, due to temperature changes in the bridge superstructure, vertical load from the train and longitudinal forces due to train acceleration/braking.

The calculation of the track-bridge interaction is carried out using an integral model of track and bridge structure taking into account:

- bridge parameters: bridge disposition (static system, spans, expansion lengths), geometrical characteristics of the bridge superstructure, stiffness of structure and arrangement of supports,
- track parameters: rail cross-section and rail steel quality, resistance to longitudinal displacement of loaded and unloaded track, taking into account the bilinear behavior of the track-bridge connection,
- load parameters: temperature changes in the bridge superstructure and rails, acceleration and braking of the train, displacement and rotating the ends of the bridge super structure due to traffic load.

The connection between the track elements and the bridge superstructure elements was modeled by means of elastic connections with bilinear behavior in accordance with the Serbian standard SRPS EN 1991-2 (Figure 8).

In the model adopted horizontal stiffness of the fixed support, which corresponds to the real displacement of the bridge superstructure due to acceleration/braking the train. In this way, the influences in the rails are obtained, which are relevant for the analysis of the allowed additional stresses and track stability in the horizontal plane at maximum summer temperature, as well as the size of the gap when the rail cracks at maximum winter temperature. The calculation model takes into account the track with continuously welded rails at a length of 300 m in before and after the bridge, which corresponds to the maximum influential length of train braking.



(1) - resistance of sleeper in ballast (unloaded track)
otpor podužnom pomeranju praga kroz zastor (neopterećen kolosek)

(2) - resistance of rail in sleeper (unloaded track) (frozen ballast or track without ballast)
otpor podužnom pomeranju šine u odnosu na prag (neopterećen kolosek) (smrznuti zastor ili kolosek na čvrstoj podlozi)

(3) - resistance of sleeper in ballast (loaded track)
otpor podužnom pomeranju praga kroz zastor (opterećen kolosek)

(4) - resistance of rail in sleeper (loaded track) (frozen ballast or track without ballast)
otpor podužnom pomeranju šine u odnosu na prag (opterećen kolosek) (smrznuti zastor ili kolosek na čvrstoj podlozi)

u'_0 - ultimate relative displacement of the rail to the sleeper
granično relativno pomeranje šine u odnosu na prag

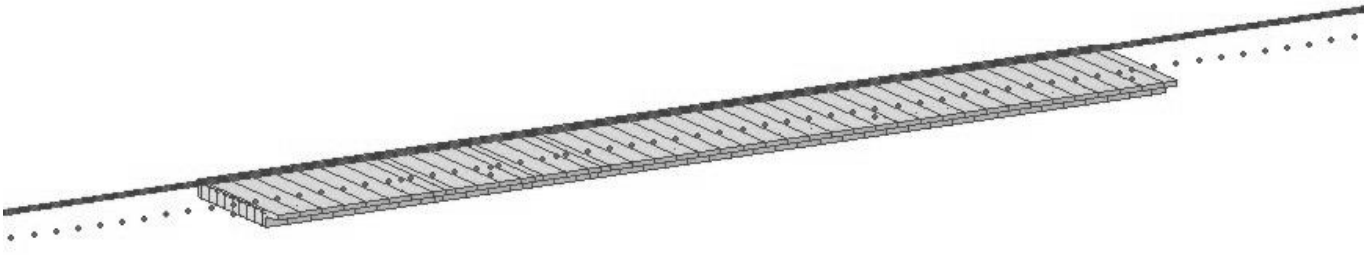
u_0 - ultimative relative displacement of the sleeper in the ballast
granično relativno pomeranje praga u odnosu na zastor

Note: / Napomena:
rail profile 60E1, concrete sleepers B70 at a distance of 60 cm and longitudinal resistance of the rail in the track 2x9 kN, minimum thickness of the compacted ballast below the sleeper is 30 cm.
šine 60E1, betonski pragovi B70 na razmaku 60 cm i podužni otpor šina u koloseku 2x9 kN, minimalna debljina zbijenog zastora ispod praga 30 cm.

Fig. 8: Longitudinal displacement resistance of track/rail

View of calculation model

Edge structure of bridge (left track/freight track)



Middle structure of bridge (right track)

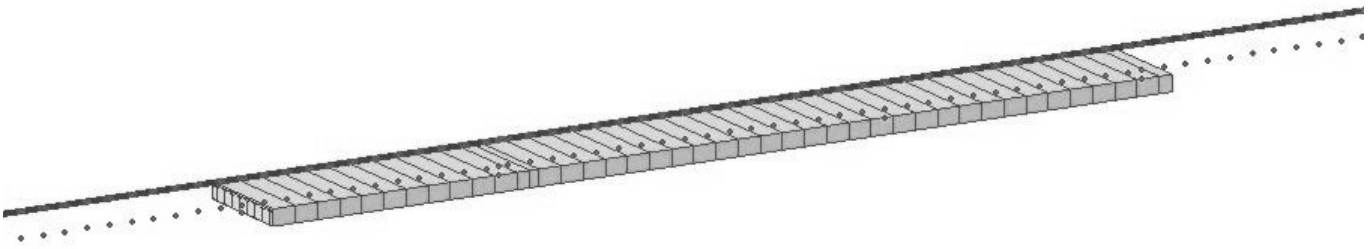


Fig. 9: View of calculation model

Longitudinal section of the calculation model

Edge structure of bridge (left track/freight track)

Middle structure of bridge (right track)

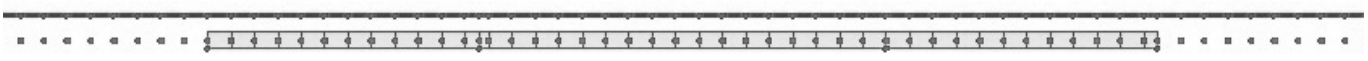
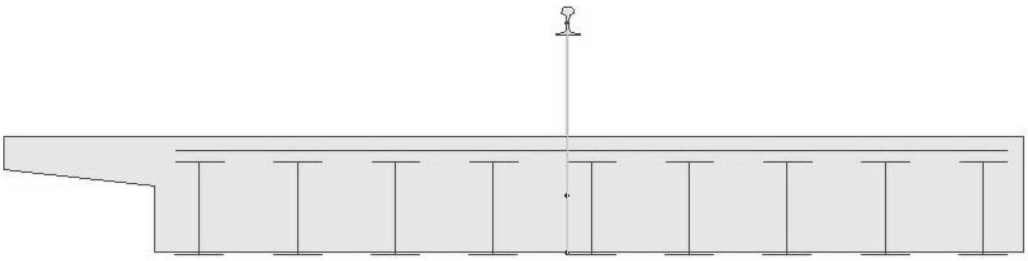


Fig. 10: Longitudinal section of the calculation model

Cross-section of calculation model

Edge structure of bridge (left track/freight track)



Middle structure of bridge (right track)

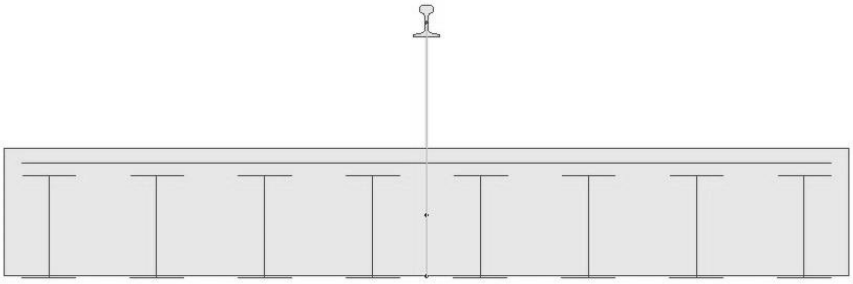
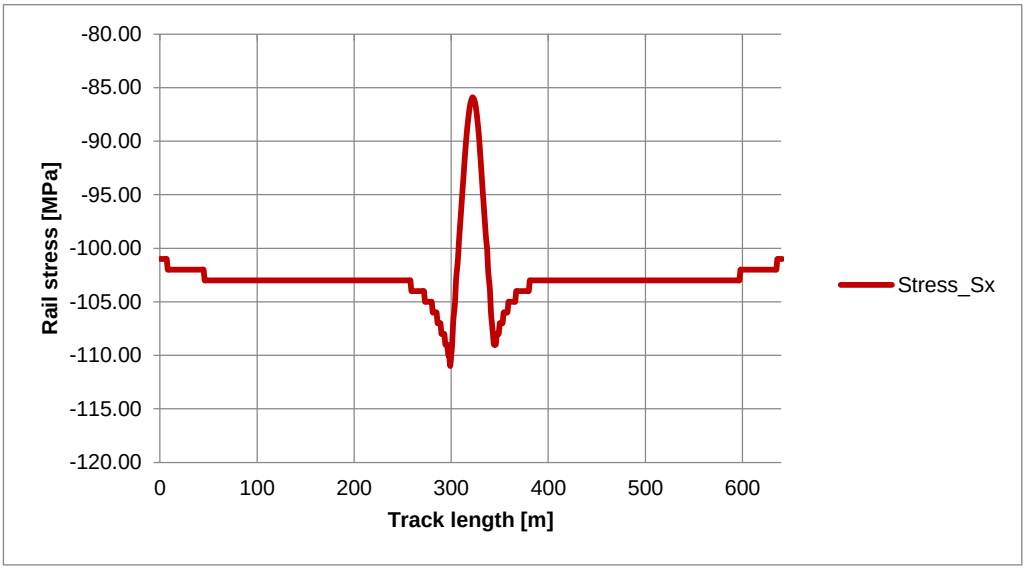


Fig. 11: Cross-section of the calculation model with elastic connections with bilinear behavior between the track and the bridge superstructure

1.2.1.5 Calculation of track-bridge interaction for summer climatic conditions

1) Rail stress due to temperature change in bridge superstructure and continuously welded rails

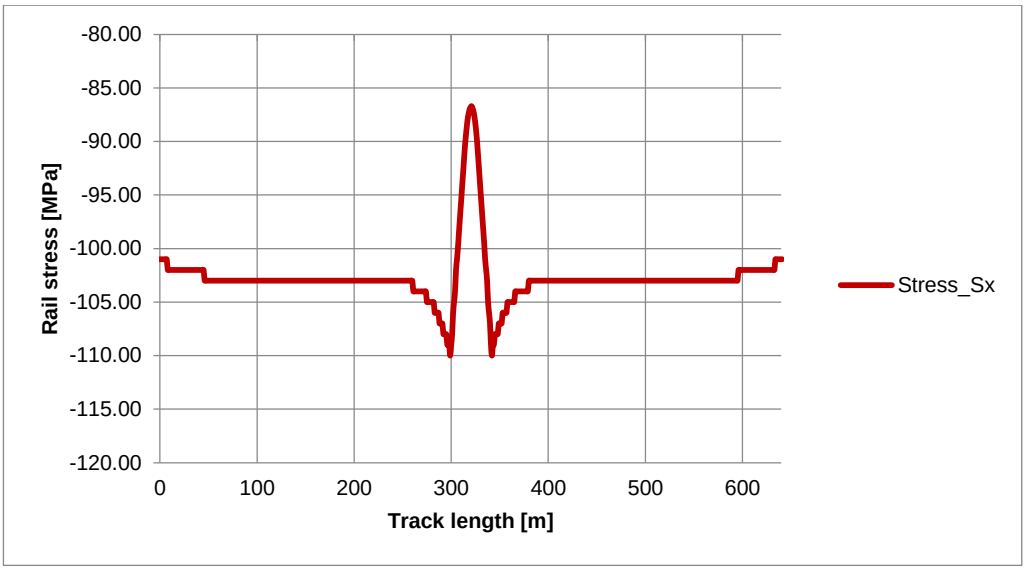
Left track/Freight track



Maximum pressure stress in rail = **-8,06 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **0,00 MPa**

Right track

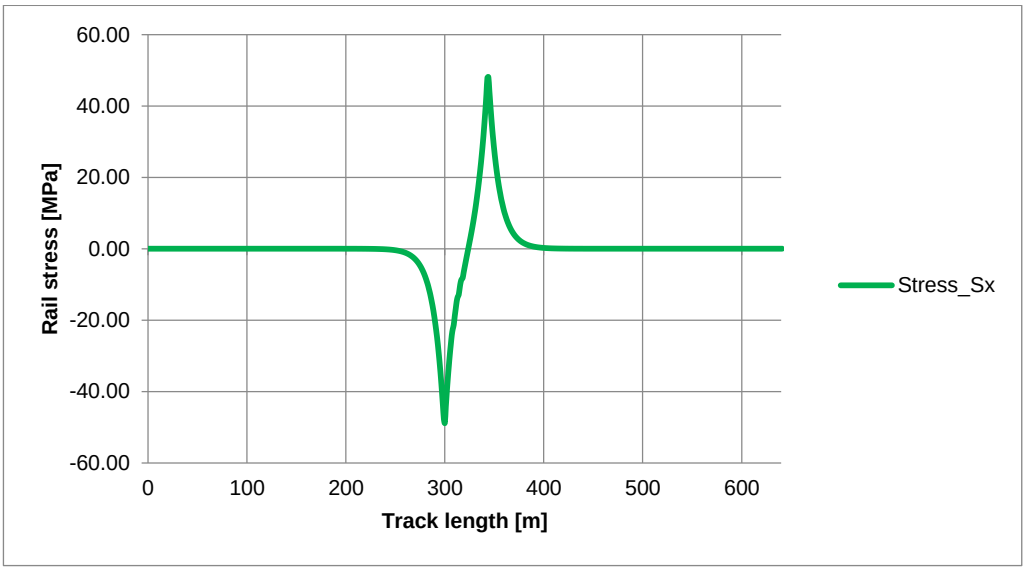


Maximum pressure stress in rail = **-7,23 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **0,00 MPa**

2) Rail stress due to train acceleration/braking

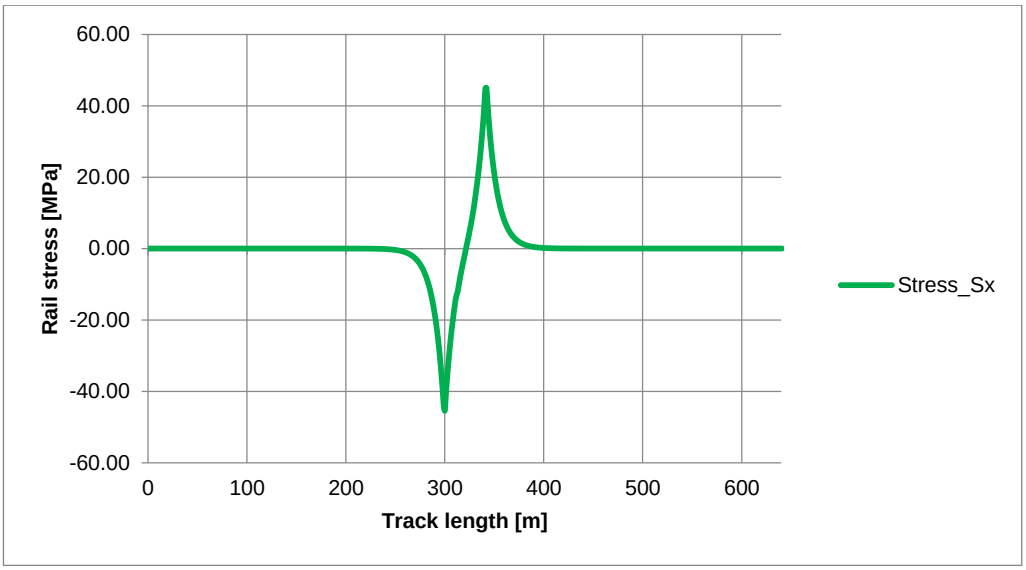
Left track/Freight track (train acceleration)



Maximum pressure stress in rail = **-48,77 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **0,00 MPa**

Right track (train braking)

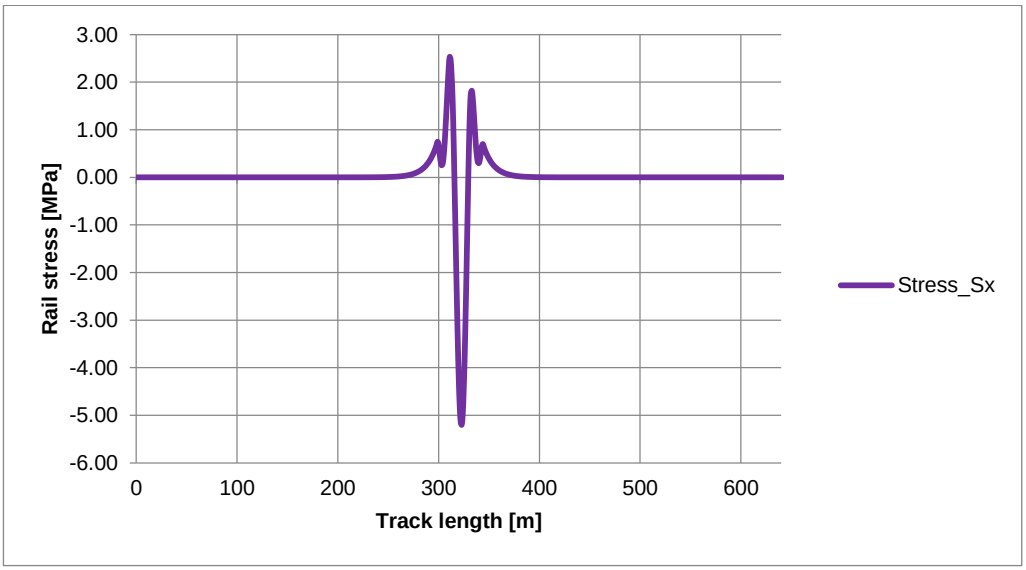


Maximum pressure stress in rail = **-45,37 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **0,00 MPa**

3) Rail stress due to vertical bending under train

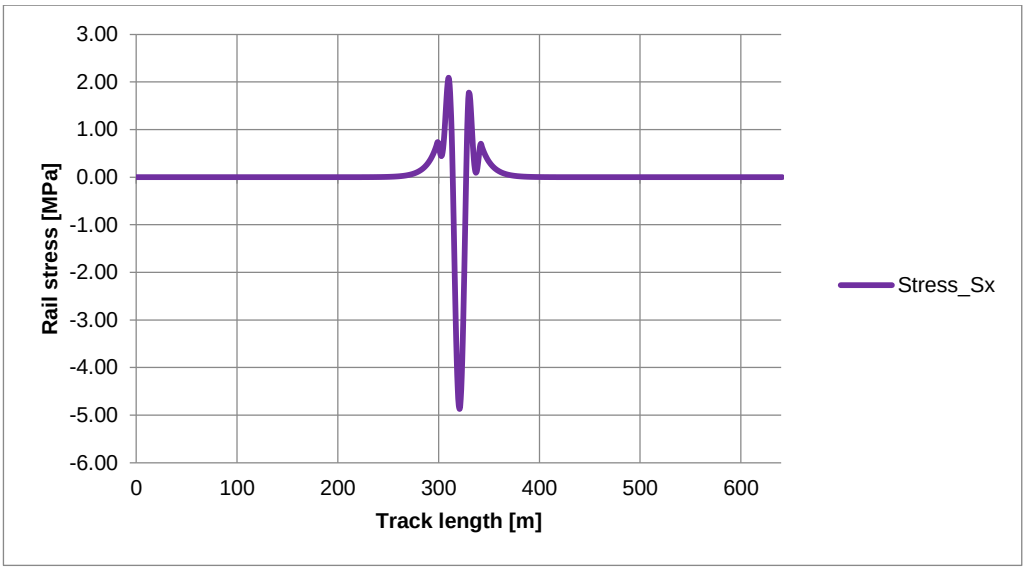
Left track/Freight track



Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+0,82 MPa**

Right track



Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+0,83 MPa**

4) Rail stress due to temperature change in bridge superstructure, train acceleration/braking and vertical bending under train

Left track/Freight track

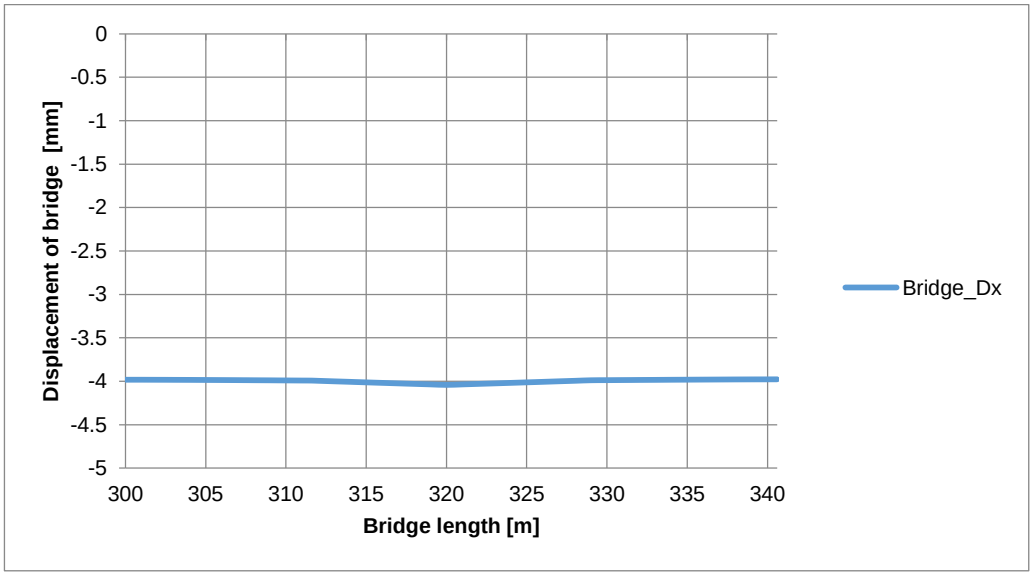
Maximum pressure stress in rail = **-8,06-48,77-0,00 = -56,83 MPa ≤ -72,00 MPa**

Right track

Maximum pressure stress in rail = **-7,23-45,37-0,00 = -52,60 MPa ≤ -72,00 MPa**

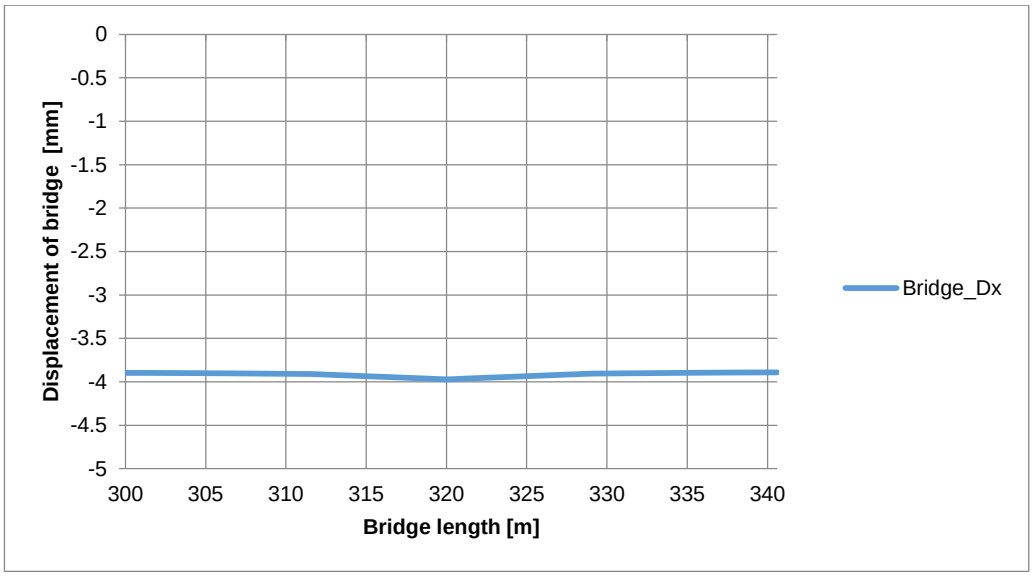
5) Absolute horizontal displacement of bridge superstructure due to acceleration/braking of the train

Left track/Freight track



Maximum absolute horizontal displacement of bridge superstructure due to acceleration/braking of the train = **4,04 mm ≤ 5 mm**

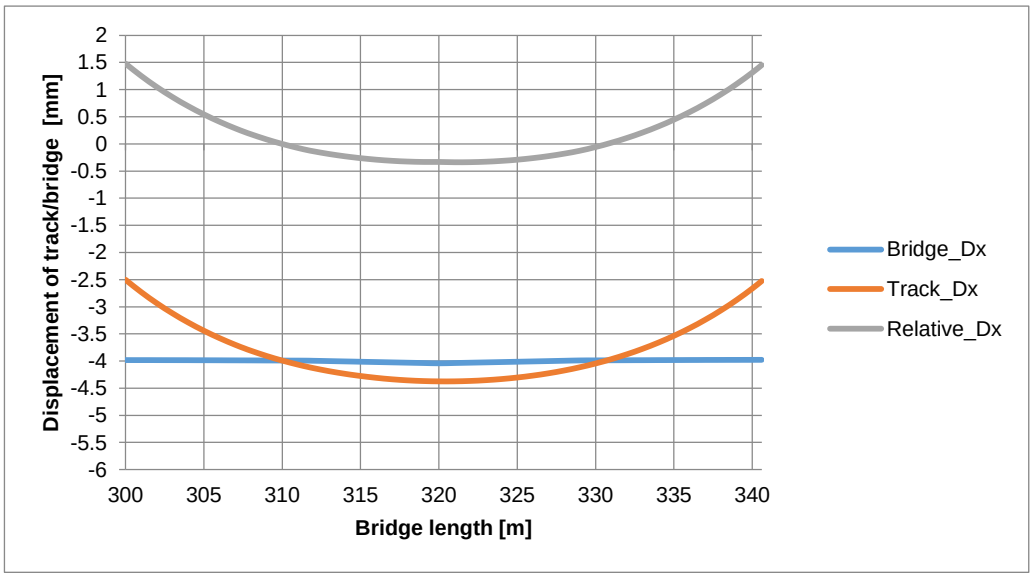
Right track



Maximum absolute horizontal displacement of bridge superstructure due to acceleration/braking of the train = **3,97 mm ≤ 5 mm**

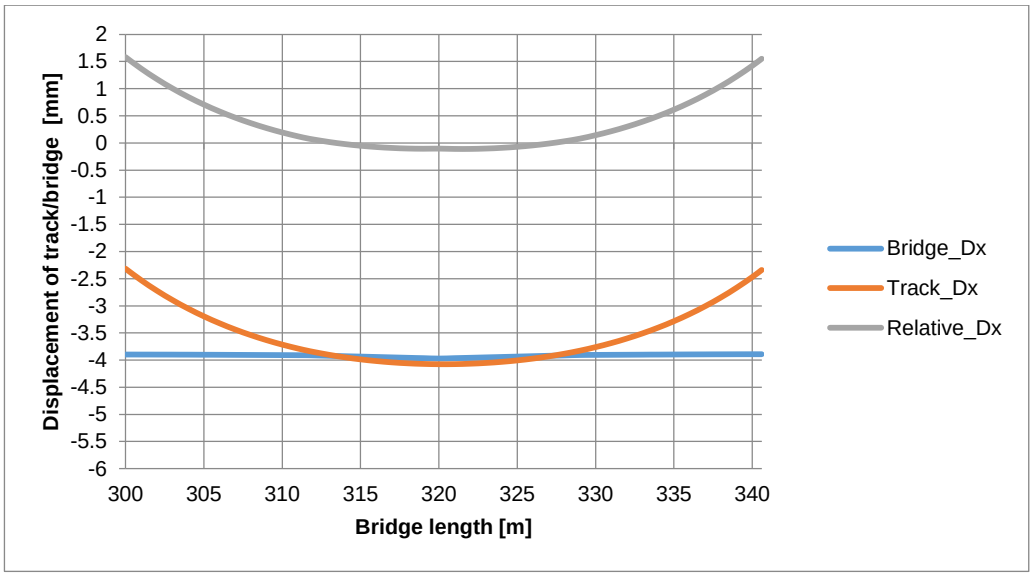
6) Relative horizontal displacement between rail and bridge superstructure due to acceleration/braking of the train

Left track/Freight track (train acceleration)



Maximum relative horizontal displacement between rail and bridge superstructure due to acceleration of the train = **1,48 mm ≤ 4 mm**

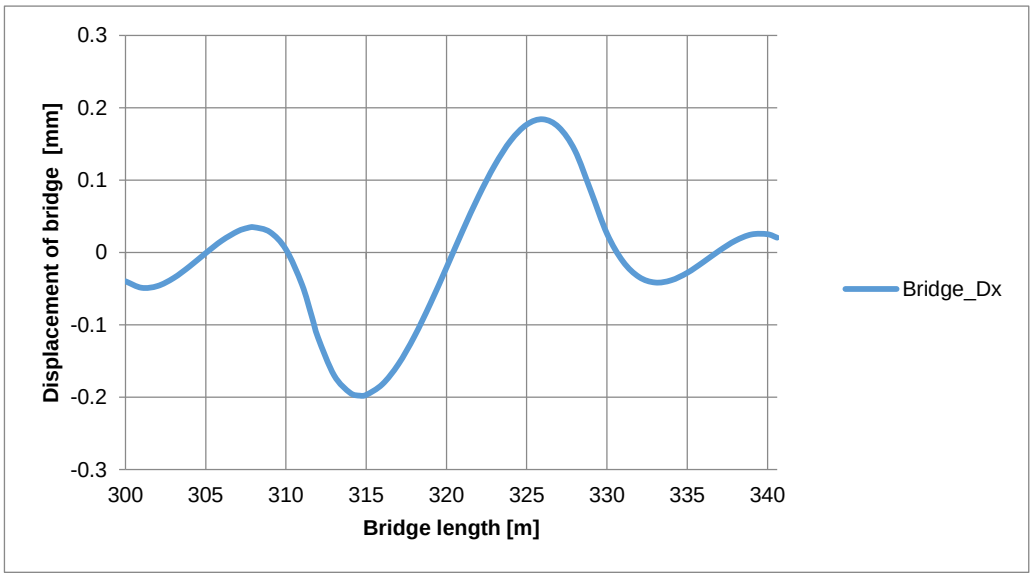
Right track (train braking)



Maximum relative horizontal displacement between rail and bridge superstructure due to braking of the train = **1,58 mm ≤ 4 mm**

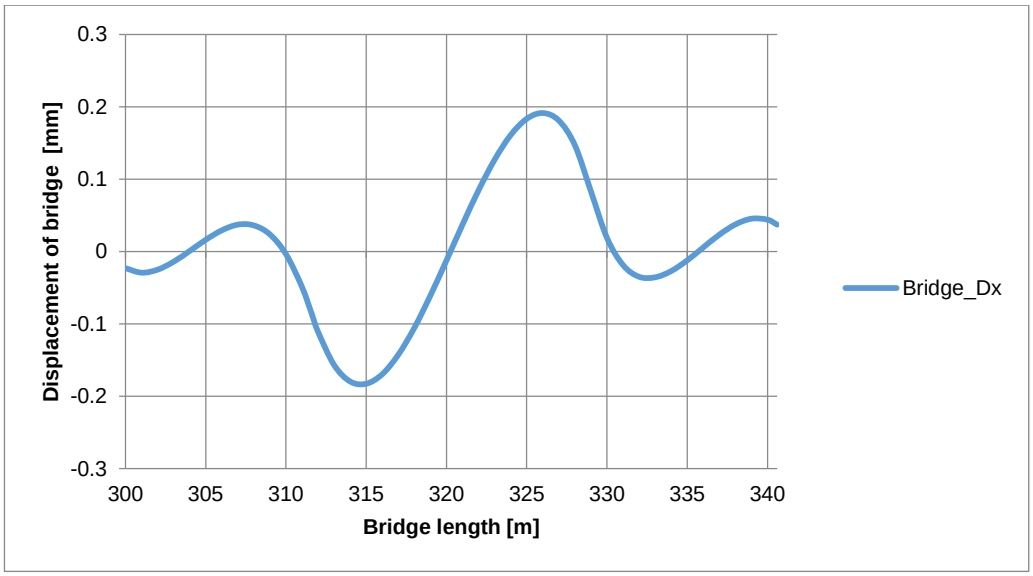
7) Horizontal displacement of bridge superstructure due to rotating of bridge ends under the vertical load of the train

Left track/Freight track



Maximum horizontal displacement of bridge superstructure due to rotating of bridge ends under the vertical load of the train = **0,04 mm < 8 mm**

Right track

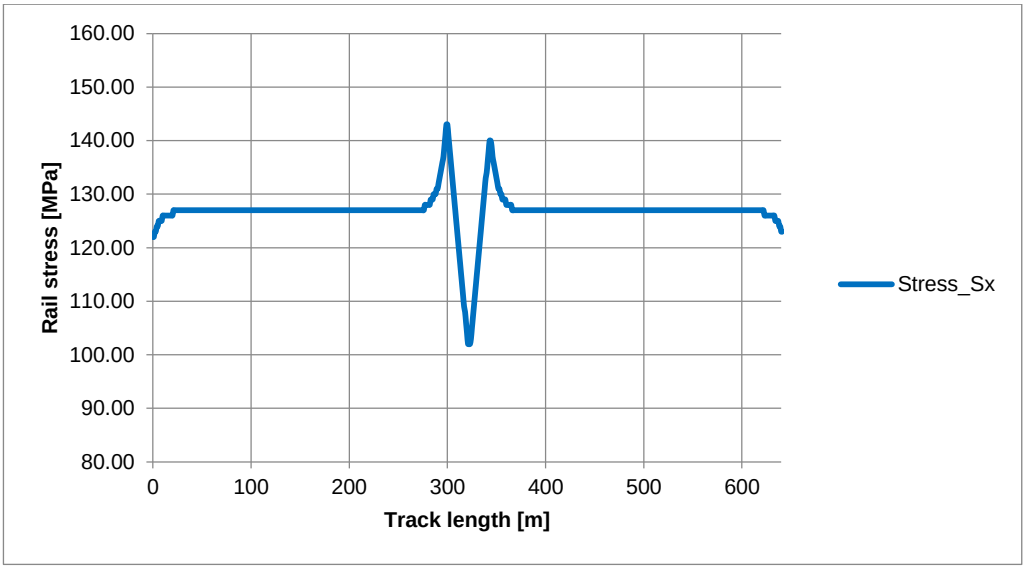


Maximum horizontal displacement of bridge superstructure due to rotating of bridge ends under the vertical load of the train = **0,04 mm < 8 mm**

1.2.1.6 Calculation of track-bridge interaction for winter climatic conditions

1) Rail stress due to temperature change in bridge superstructure and continuously welded rails

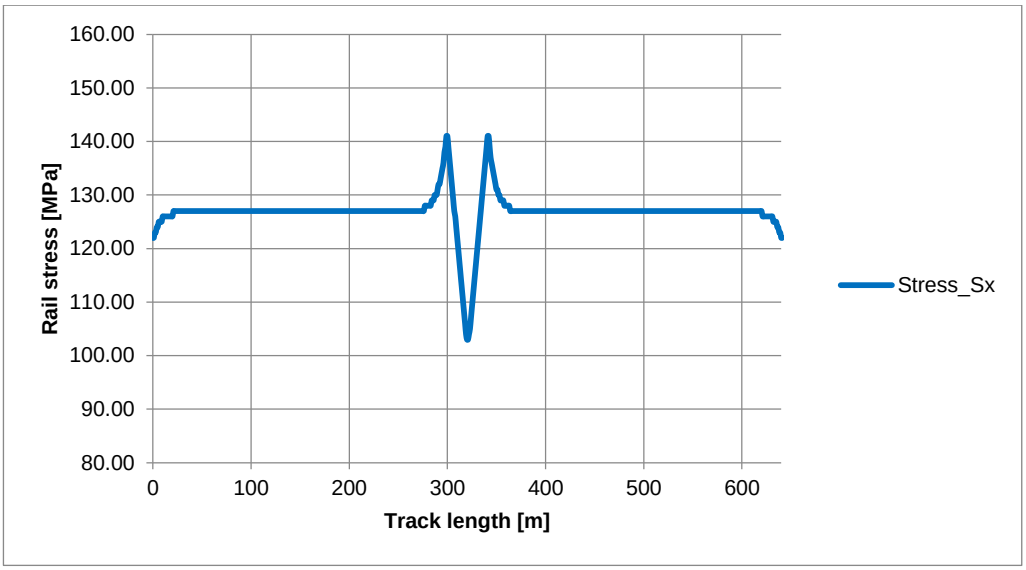
Left track/Freight track



Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+15,94 MPa**

Right track

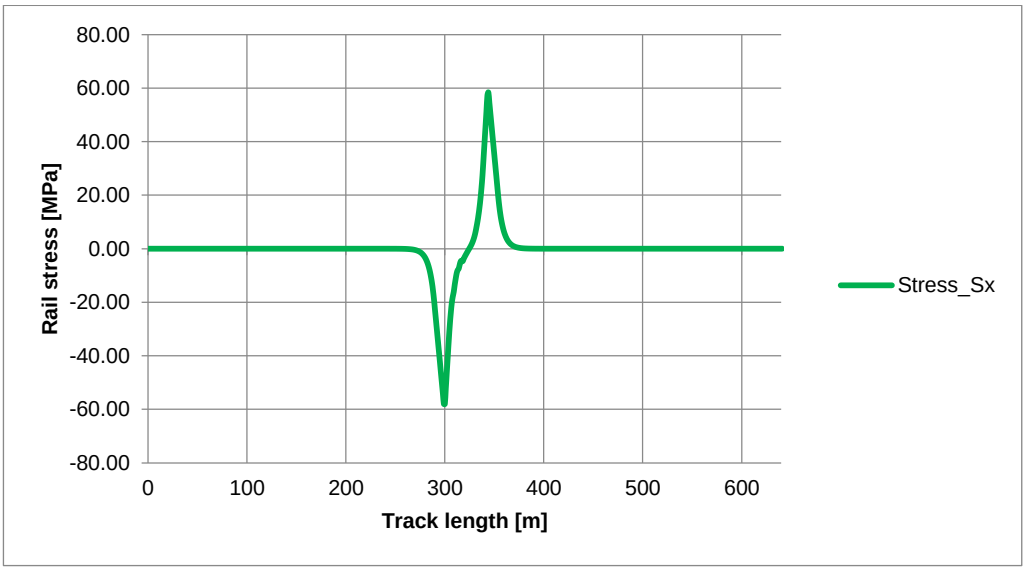


Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+14,38 MPa**

2) Rail stress due to train acceleration/braking

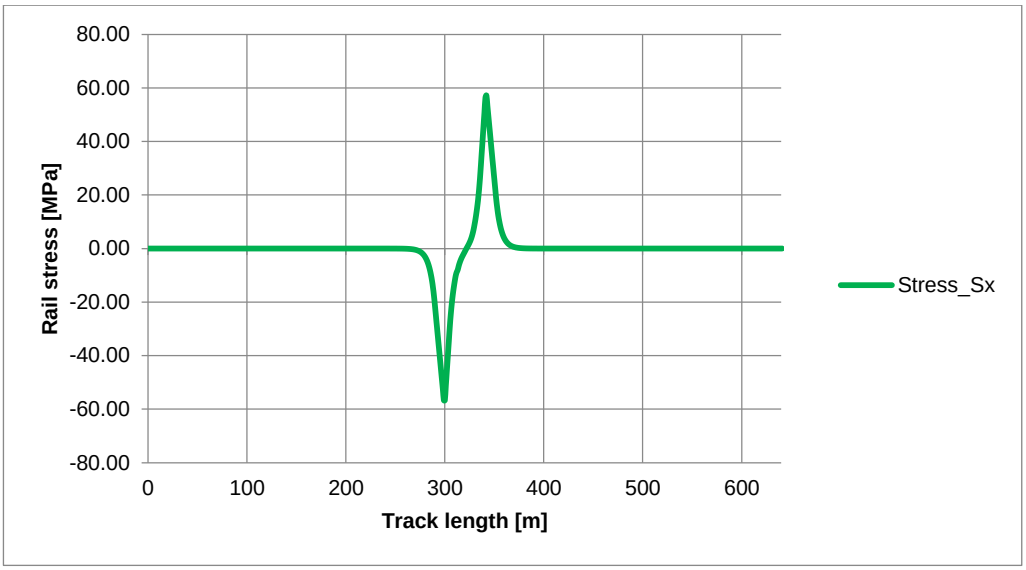
Left track/Freight track (train acceleration)



Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+58,45 MPa**

Right track (train braking)

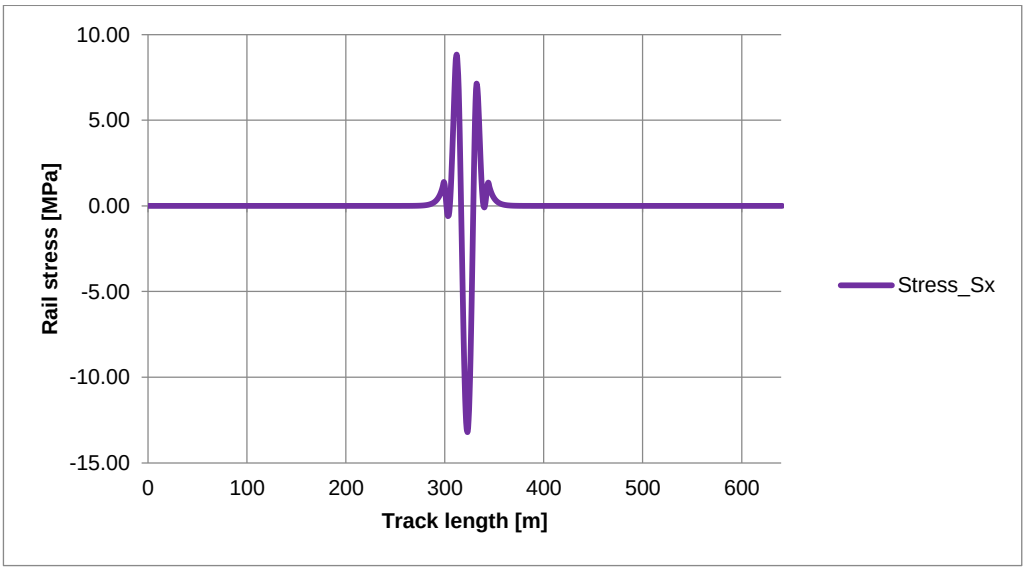


Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+57,20 MPa**

3) Rail stress due to vertical bending under train

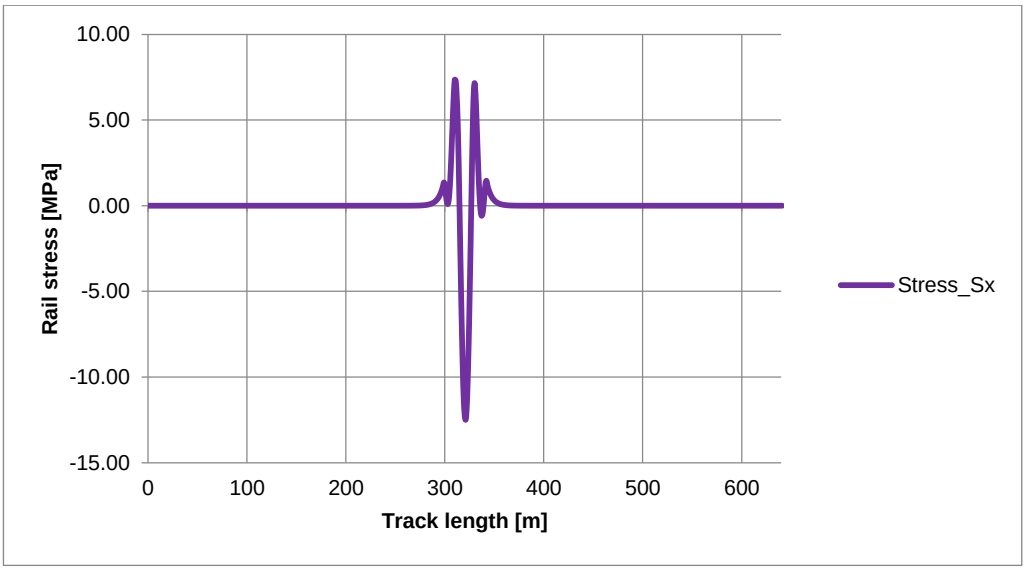
Left track/Freight track



Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+1,16 MPa**

Right track



Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+1,20 MPa**

4) Rail stress due to temperature change in bridge superstructure, train acceleration/braking and vertical bending under train

Left track/Freight track

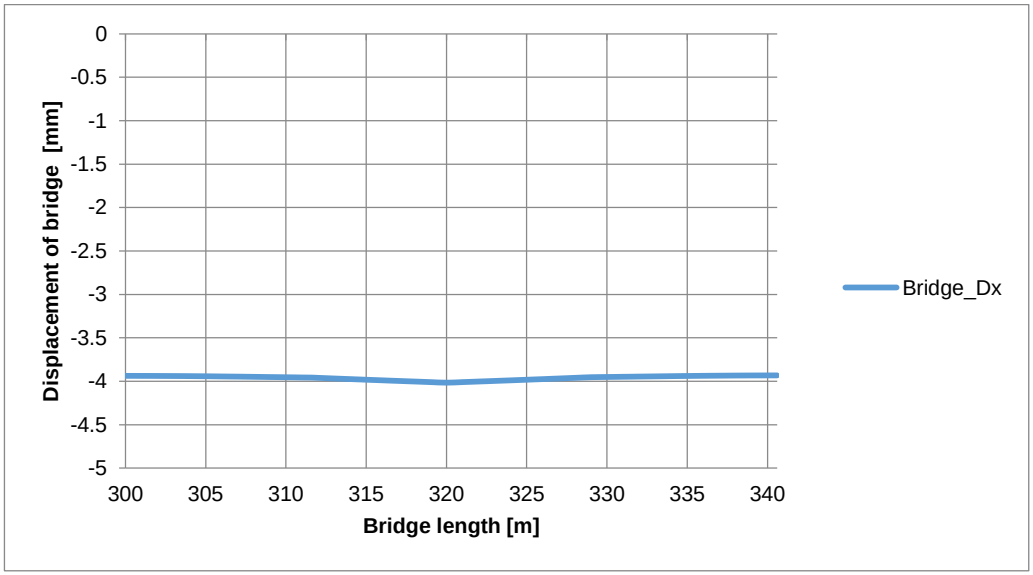
Maximum tensile stress in rail = **+15,94+58,45+1,16 = +75,55 MPa ≤ +92,00 MPa**

Right track

Maximum tensile stress in rail **= +14,38+57,20+1,20 = +72,78 MPa ≤ +92,00 MPa**

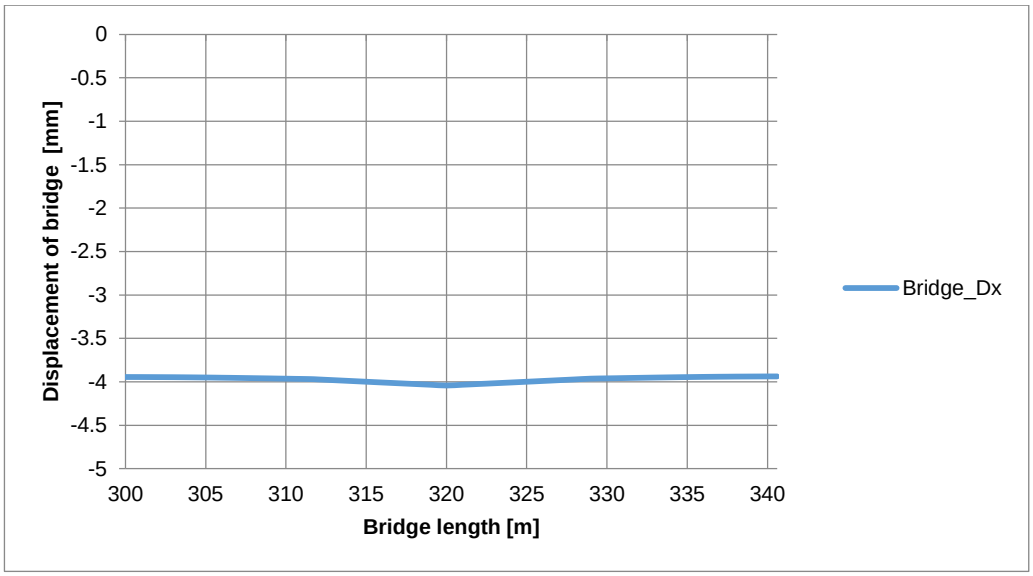
5) Absolute horizontal displacement of bridge superstructure due to acceleration/braking of the train

Left track/Freight track



Maximum absolute horizontal displacement of bridge superstructure due to acceleration/braking of the train = **4,01 mm ≤ 5 mm**

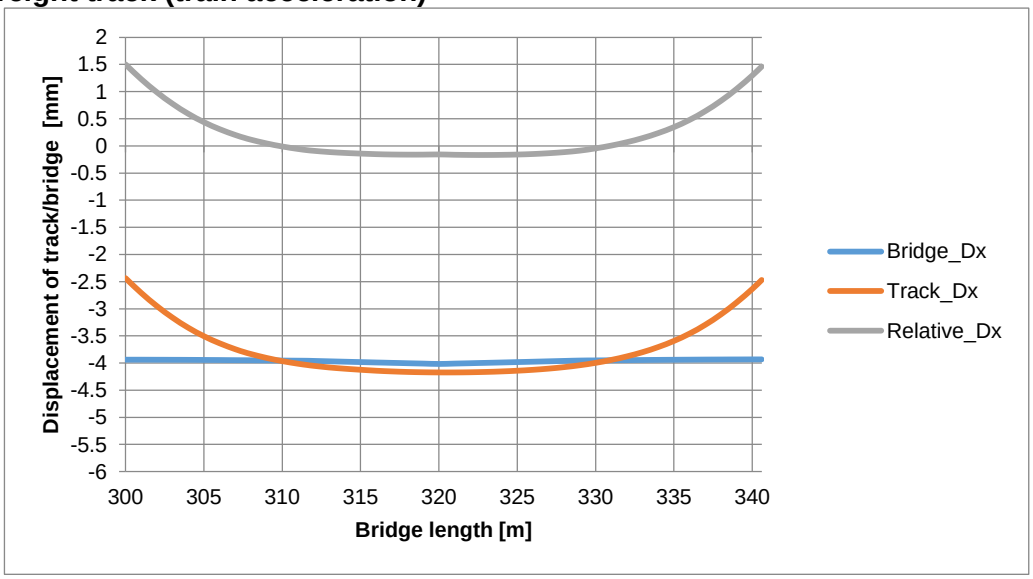
Right track



Maximum absolute horizontal displacement of bridge superstructure due to acceleration/braking of the train = **4,04 mm ≤ 5 mm**

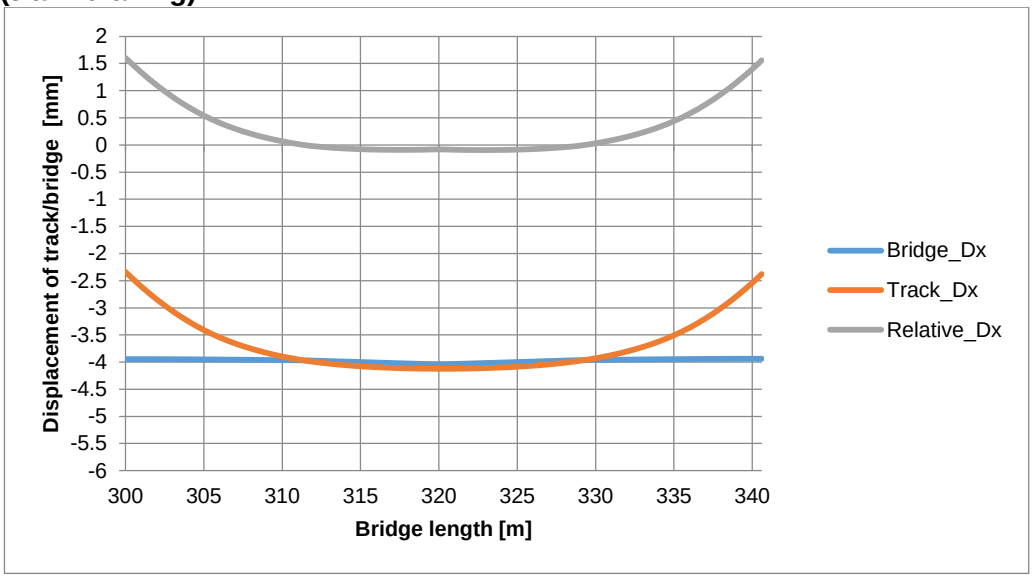
6) Relative horizontal displacement between rail and bridge superstructure due to acceleration/braking of the train

Left track/Freight track (train acceleration)



Maximum relative horizontal displacement between rail and bridge superstructure due to acceleration of the train **= 1,50 mm ≤ 4 mm**

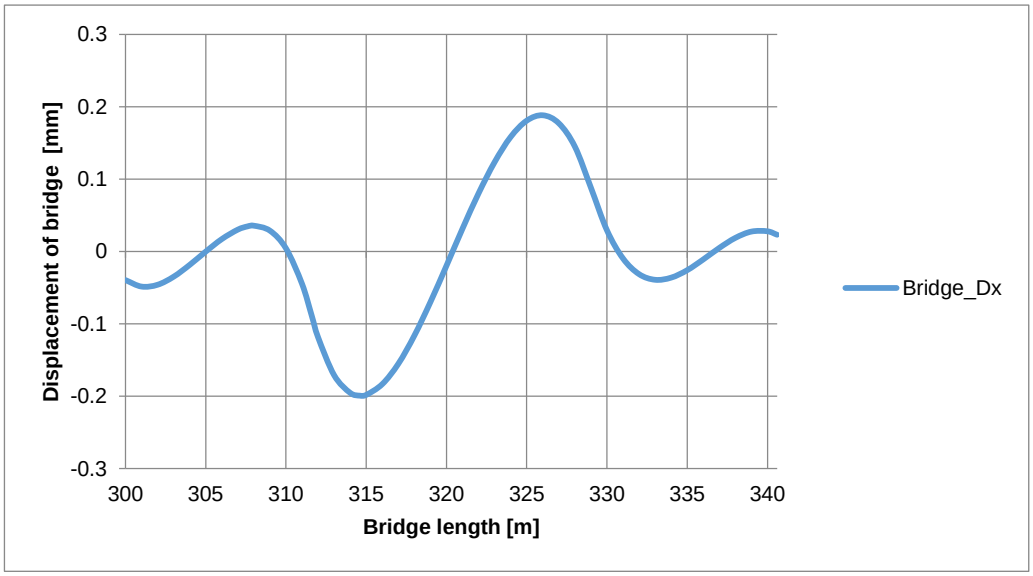
Right track (train braking)



Maximum relative horizontal displacement between rail and bridge superstructure due to braking of the train **= <u>1,60 mm ≤ 4 mm</u>**

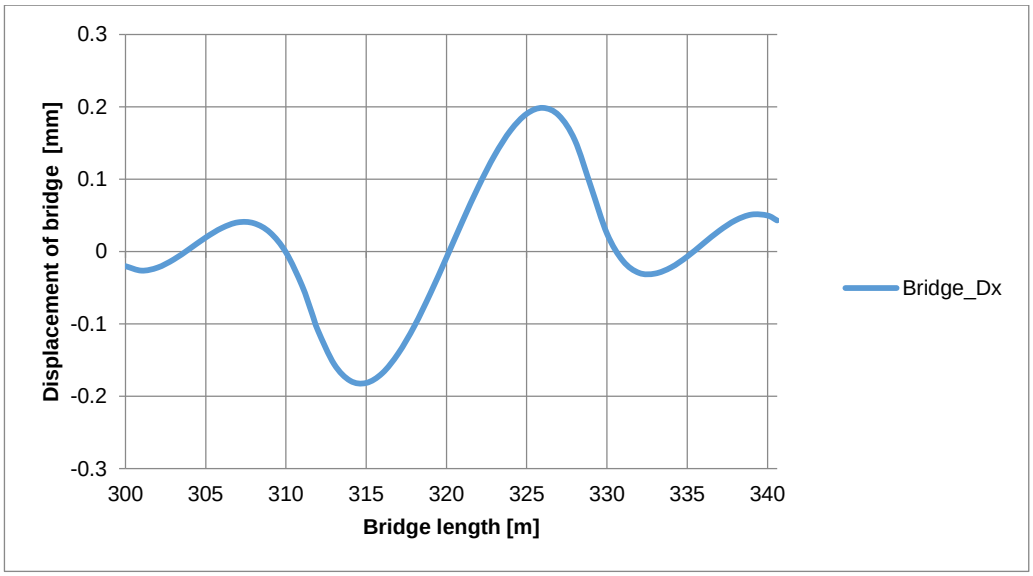
7) Horizontal displacement of bridge superstructure due to rotating of bridge ends under the vertical load of the train

Left track/Freight track



Maximum horizontal displacement of bridge superstructure due to rotating of bridge ends under the vertical load of the train = **<u>0,04 mm < 8 mm</u>**

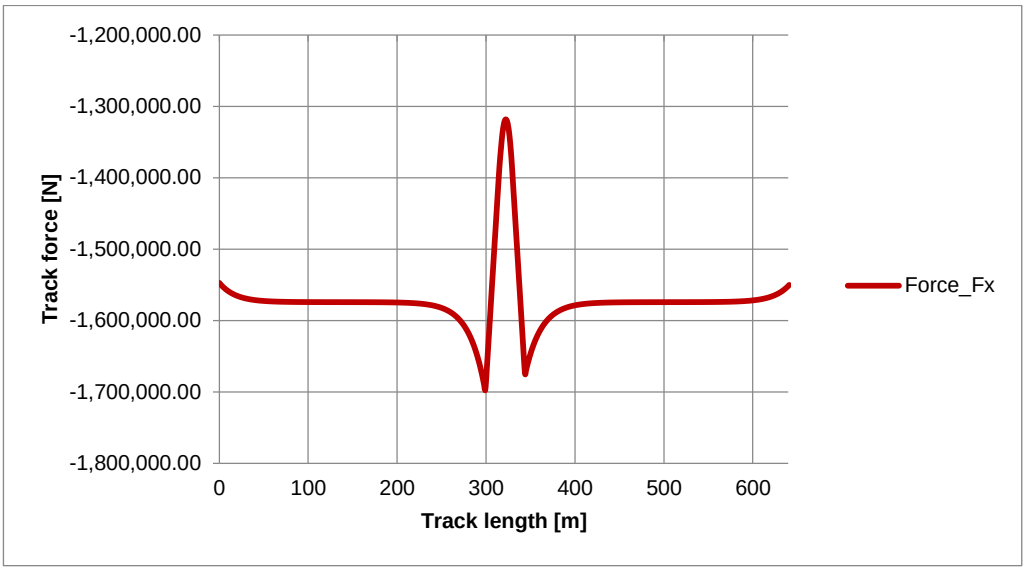
Right track



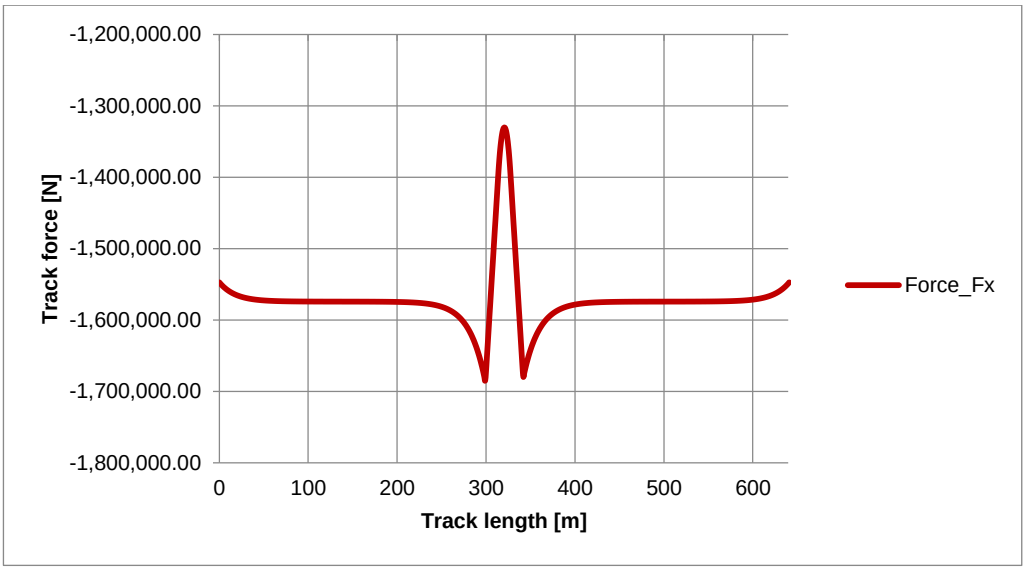
Maximum horizontal displacement of bridge superstructure due to rotating of bridge ends under the vertical load of the train = **0,04 mm < 8 mm**

1.2.1.7 Track stability in the horizontal plane on the bridge in summer climatic conditions

Left track/Freight track



Right track



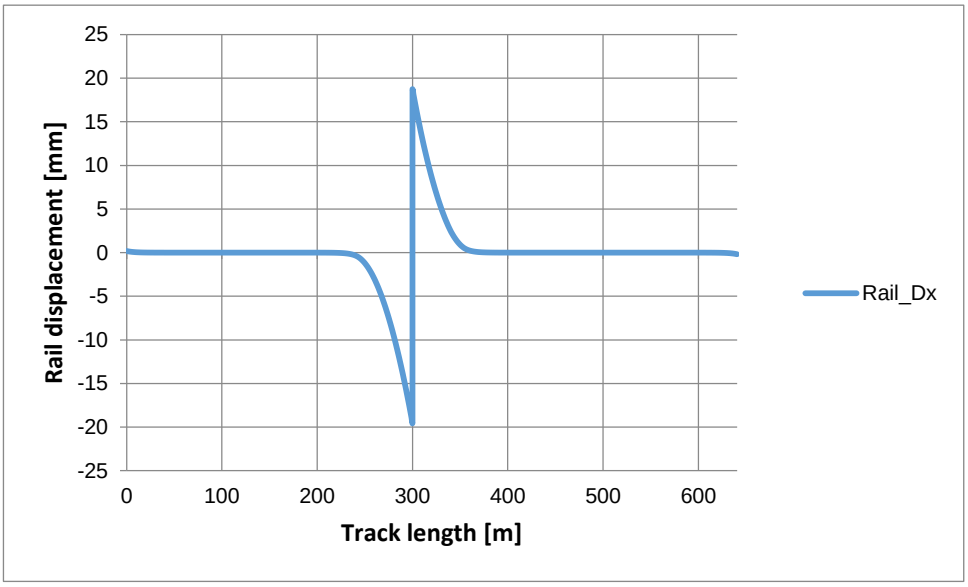
Maximum temperature pressure force in track on the bridge in summer climatic conditions relevant for the calculation of track stability in the horizontal plane = -1697970 N

The input parameters for the calculation of the track stability in the horizontal plane on the bridge in extreme summer climatic conditions are in accordance with Chapters 1.2.1.1, 1.2.1.2 and 1.2.1.3 as well as calculation results of the track/bridge interaction.

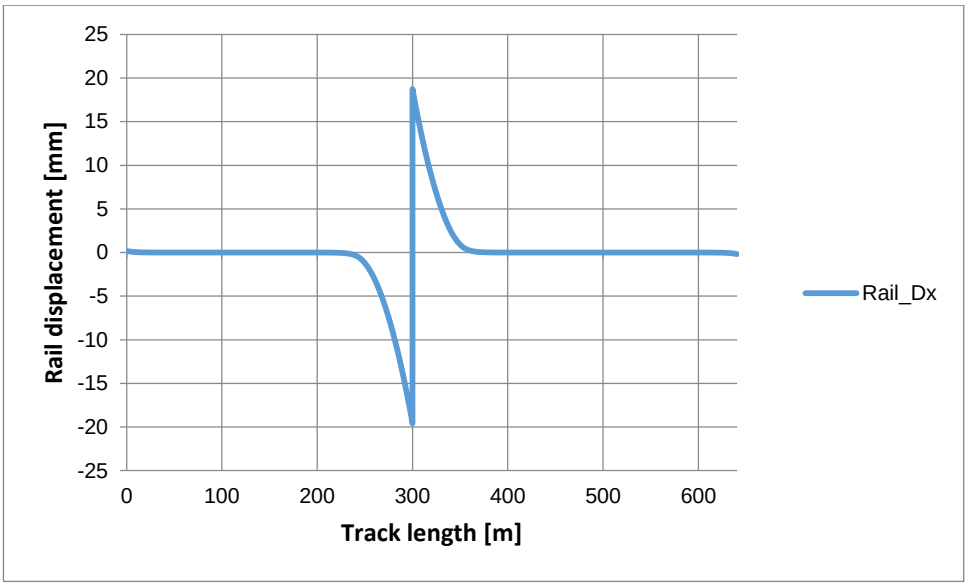
Checking the stability of the track in the horizontal plane was carried out for the maximum value of the pressure force in the track on the bridge -1697970 N.

1.2.1.8 Size of the rail gap on the bridge in winter climatic conditions

Left track/Freight track



Right track



Maximum size of the gap due to cracking of the rail on the bridge in winter climatic conditions in the = **38,26 mm.**

Calculated by:
Zoran Lukovic,dipl.gradj.inz.
licenca broj 310 3032 03

2/1.1.2.6.3 ПРЕДМЕР И ПРЕДРАЧУН

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.1: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
КИСАЧКА УЛИЦА на km 76+601.02

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.1: UNDERPASS DESIGN
KISACKA STREET at km 76+601.02

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) Price (Din)
					A	B	A x B
2/1.1.1.1	**01**	**ИЗВОЂЕЊЕ HW ШИПОВА**	**CONSTRUCTION OF HW PILES**				
2/1.1.1.1.1		Извођење HW бушених шипова од бетона класе C25/30, XC2, XA1, V-II. Цена радова обухвата бушење, набавку и уградњу бетона, сву потребну опрему и радну снагу. Обрачун се врши по m' готовог шипа. Набавка и уградња арматуре је обрачуната као посебна позиција. Шипови пречника Ø90 cm	Construction of HW bored piles of concrete class C25/30, XC2, XA1, V-II. The price covers boring, supply of concrete and concreting, all neccesery equipment and workmanship. Accounting shall be made per m' of a pile. Supply and installation of peinforcement is accounted separately.	m	882.00	30,000.00	26,460,000.00
2/1.1.1.1.2		Набавка и уградња арматуре класе B500B за HW шипове. Обрачун се врши по kg уграђене арматуре.	Supply and installation of reinforcement of class B500B for HW piles. Accounting shall be made per kg of installed reinforcement.	kg	84,000.00	120.00	10,080,000.00
2/1.1.1.1.3		Пробно оптерећење шипова на хоризонтално оптерећење. Извести у складу са одредбама Правилника за грађевинске конструкције ("Сл. гласник РС", бр. 89/2019), на једном пару сталних шиповима до вредности радних-сервисних си	Pile load testing for horizontal load. Shall be carried out in accordance with the Regulation for the structures ("Official Gazette of RS", No. 89/2019), on the couple of permanently installed piles for the values up to the working-service load.	паушално / lump sum			2,400,000.00
2/1.1.1.1.4		Пробно оптерећење шипова на вертикално оптерећење. Извести у складу са одредбама Правилника за грађевинске конструкције ("Сл. гласник РС", бр. 89/2019), на шипу посебно припремљеном за пробно оптерећење.	Pile load testing for vertical load. Shall be carried out in accordance with the Regulation for the structures ("Official Gazette of RS", No. 89/2019), on the pile specially prepared for load testing.	паушално / lump sum			1,800,000.00
		УКУПНО ИЗВОЂЕЊЕ HW ШИПОВА:	**TOTAL FOR CONSTRUCTION OF HW PILES:**				**40,740,000.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.1: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
КИСАЧКА УЛИЦА на km 76+601.02

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.1: UNDERPASS DESIGN
KISACKA STREET at km 76+601.02

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) Price (Din)
					A	B	A x B
2/1.1.1.2	**02**	**ЗЕМЉАНИ РАДОВИ**	**EARTHWORKS**				
2/1.1.1.2.1		Ископ за темеље у материјалу III категорије, са свом потебном подградом и транспортом ископаног материјала до 5 km. Обрачун се врши по m^3 ископаног материјала.	Excavate for foundations in soil cat. III, with all necessary brackets and bracings and transport of excavated material up to distance of 5 km. Accounting shall be made per m^3 of	m^3	4,080.00	890.00	3,631,200.00
2/1.1.1.2.2		Побијање Larsen талпи, подграђивање и разупирању ради осигурањатемељних јама при ископу као и осигурања при даљем извођењу новопројектованог објекта при одвијању саобраћаја на истом. Цена обухвата набавку материјала, транспорт, сву неопходну опрему и радну снагу. Обрачунава се по m^2 изведене подграде.	Larssen sheet piling, instalation of brackets and bracins for foundation pits during excavation and subsequent construction of newly designed structure with traffic running on it. The price covers supply of material, transportation, all neccesery equipment and workmanship. Accounting shall be made per m^2 of	m^2	460.00	20,000.00	9,200,000.00
2/1.1.1.2.3		Затрпавање темеља опорача и стубова, из ископа или позајмишта, у слојевима по 30 cm, земљаним материјалом, са набијањем слојева до модула стшљивости Ms=30 MPa. Обрачун се врши по m^3 набијеног материја	Backfill of abutment and pier foundations using earth from excavation or borrow pit, in 30 cm layers, compacted to modulus of compresibility of Ms=30 MPa. Accounting shall be made per m^3 of compacted material.	m^3	792.00	1,800.00	1,425,600.00
2/1.1.1.2.4		Израда цементне стабилизације иза опорача према ZTVE-StB sa 2.5 do 3.0 % цемента, ширине у круни минимум 1.5 m (на 1.0 m испод врха парапера) и нагибом 1:1 или блажим према темељном тлу, са степеном збијености $D_{pr} \geq 0.98$ према SRPS EN 13286-2:2012. Цена радова обухвата набавку и транспорт материјала, уградњу и збијање, сву неопходну опрему и радну снагу. Обрачун по m^3 уграђеног и збијеног материј	Construction of cement stabilzation behind the abutments according to ZTVE-StB with 2.5 to 3.0 % of cement, width in the top min. 1.5 m and slope to foundation soil of 1:1 or less steep, with compactation factor Dpr ≥ 0.98 according to SRPS EN 13286-2:2012. The price covers supply and transport of material, construction and compactation, all neccesery equipment and workmanship. Accounting shall be made per m^3 of compacted material.	m^3	630.00	4,500.00	2,835,000.00

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.1: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
КИСАЧКА УЛИЦА на km 76+601.02

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.1: UNDERPASS DESIGN
KISACKA STREET at km 76+601.02

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity A	Јед. цена (дин) Unit rate (Din) B	Цена (дин) Price (Din) A x B
2/1.1.1.2.5		Израда прелазног слоја иза цементне стабилизације, ширине у круни минимум 10.0 m и нагибом 1:2 или блажим према темељном тлу, са степеном збијености $D_{pr} \geq 1.0$ према SRPS EN 13286-2:2012. Уграђени материјал мора бити према DIN 18196 са модулом деформације у дну $E_{v2} \geq 45$ MN/m^2 и врху $E_{v2} \geq 80$ MN/m^2. Цена радова обухвата набавку и транспорт материјала, уградњу и збијање, сву неопходну опрему и радну снагу. Обрачун по m^3 уграђеног и збијеног материјала.	Construction of transition layer behind cement stabilzation, width in the top min. 10.0 m and slope to foundation soil of 1:2 or less steep, with compactation factor Dpr ≥ 1.0 according to SRPS EN 13286-2:2012. Material for construction shall be according to DIN 18196 with deformation modulus in the bottom $E_{v2} \geq$ 45 MN/m2 and in the top $E_{v2} \geq 80$ MN/m^2. The price covers supply and transport of material, construction and compactation, all neccesery equipment and workmanship. Accounting shall be made per m^3 of compacted material.	m^3	2,040.00	4,100.00	8,364,000.00
2/1.1.1.2.6		Израда прелазне плоче са хидрауличном стабилизацијом иза опорача, ширине минимум 3.0 m и дебљине минимум 0.3 m. Цена радова обухвата набавку и транспорт материјала, уградњу и збијање, сву неопходну опрему и радну снагу. Обрачун по m^3 уграђеног и збијеног материјала.	Construction of transition slab with hydraulic stabilization behind the abutments, width min. 3.0 m and thickness min. 0.3 m. The price covers supply and transport of material, construction and compactation, all neccesery equipment and workmanship. Accounting shall be made per m^3 of compacted material.	m^3	34.00	10,800.00	367,200.00
2/1.1.1.2.7		Израда кегли материјалом добијеним из усека или позајмишта са механичким набијањем у слојевима од по 30 cm. Цена радова обухвата набавку и транспорт материјала, уградњу и збијање, сву неопходну опрему и радну снагу. Обрачун по m^3 уграђеног и збијеног материјала.	Construction of abutment cones with material recovered from cuttings or borrow pits, mechanically compacted in 30 cm layers. The price covers supply and transport of material, construction and compactation, all neccesery equipment and workmanship. Accounting shall be made per m^3 of compacted material.	m^3	450.00	3,700.00	1,665,000.00
		УКУПНО ЗЕМЉАНИ РАДОВИ:	**TOTAL EARTH WORKS:**				**27,488,000.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.1: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
КИСАЧКА УЛИЦА на km 76+601.02

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.1: UNDERPASS DESIGN
KISACKA STREET at km 76+601.02

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity A	Јед. цена (дин) Unit rate (Din) B	Цена (дин) Price (Din) A x B
2/1.1.1.3	**03**	**БЕТОНСКИ И АРМИРАНОБЕТОНСКИ РАДО**	**PLAIN AND REINFORCED CONCRETE**				
		Све позиције обухватају поред описа појединачних ставки и следеће заједничке услове: - Бетонски радови ће бити изведени у свему по пројекту, статичком прорачуну и важећим правилницима. Цене садрже све радне операције, наб авку и утрошке материјала, помоћни алат, оплате и скеле. - Бетон ће бити справљен, транспортован, уграђен, негован и испитиван на пробним узорцима по одредбама које прописује важећи Правилник з а грађевинске конструкције ("Сл. гласник РС", бр. 89/2019) - Бетон ће бити справљен од агрегата и цемента атестираних по важећим српским стандардима - Бетон класе V.II мора имати све класе отпорности дефинисане појединачним позицијама. - Мешање бетона мора се вршити машинским путем, а набијање вибрирањем - Арматура се обрачунава и плаћа посебно - Каблови се обрачунавају и плаћају посебно - У цену бетона је урачуната оплата и скела - Плаћа се за потпуно готов посао по m³ уграђеног бетона, ако није другачије дефинисано у појединим позицијама.					
	03.01	**Неармирани бетон**	**Plain concrete**				
2/1.1.1.3.1		Мршави бетон - изравнавајући слој, дебљи не 10 cm, C12/15 or C16/20, X0, испод темељ а и наглавних греда.	Cast lean concrete C12/15 or C16/20, X0 for 10 cm thick blinding layers under foundations and pile caps.	m^3	37.00	12,000.00	444,000.00
2/1.1.1.3.2		Бетон темаља за облогу кегли, C16/20, X0	Concrete for foundations of abutment cone pavement C16/20, X0	m^3	0.00	12,000.00	0.00
2/1.1.1.3.3		Облагање кегли бетонским плочама C16/20, X0, у слоју песка, међусобно залив ених цементним малтером. Плаћа се по m^2 потпуно изведене облоге.	Pavement of abutment cones with concrete bricks C16/20, X0 in sand bed, and grout gaps with cement mortar. Payment per m^2 of finished lining.	m^2	0.00	4,000.00	0.00
	03.02	**Армирано бетонске темељне конструкциј**	**Reinforced concrete foundations**				
2/1.1.1.3.4		Темељи и наглавне греде од бетона класе C25/30, XC2, XA1, V-II	Foundations and pile caps of concrete class C25/30, XC2, XA1, V-II	m^3	430.00	21,600.00	9,288,000.00
	03.03	**Стубови као ослонци распонских констр укција разних система и лежишне греде**	**Supporting piers under spanning construction of various systems and**				
2/1.1.1.3.5		Тело крајњих стубова од бетона класе C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	Cast bodies of abutments of concrete class C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	m^3	270.00	27,600.00	7,452,000.00
2/1.1.1.3.6		Крила и крилни зидови опораца од бетона к ласе C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	Cast wings and wing walls of abutments of concrete class C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III,	m^3	27.00	27,600.00	745,200.00
2/1.1.1.3.7		Тело средњих стубова од бетона класе C30/37, XC4, XD3, XA1, XF2, V-III, MS-S2	Cast bodies of middle piers of concrete class C30/37, XC4, XD3, XA1, XF2, V-III, MS-S2	m^3	180.00	27,600.00	4,968,000.00
	03.04	**Распонска конструкција моста од армира ног бетона**	**Bridge constructions in spans of reinforced concrete**				
2/1.1.1.3.8		Коловозна плоча и попречни носачи од бет она класе C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	Bridge deck and cross girders of concrete class C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	m^3	470.00	30,600.00	14,382,000.00

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.1: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
КИСАЧКА УЛИЦА на km 76+601.02

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.1: UNDERPASS DESIGN
KISACKA STREET at km 76+601.02

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) Price (Din)
					A	B	A x B
2/1.1.1.3.9		Квадери од бетона класе C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	Bearing pedestals of concrete class C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	m^3	10.00	30,600.00	306,000.00
2/1.1.1.3.10		Ревизионе стазе са ивичним венцима и пар апетима за корито баласта од бетона класе C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	Revision footway with cornices and parapets for ballast bad of concrete class C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	m^3	85.00	37,200.00	3,162,000.00
		УКУПНО БЕТОНСКИ РАДОВИ:	**TOTAL FOR CONCRETING:**				**40,747,200.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.1: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
КИСАЧКА УЛИЦА на km 76+601.02

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.1: UNDERPASS DESIGN
KISACKA STREET at km 76+601.02

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) Price (Din)
					A	B	A x B
2/1.1.1.4	**04**	**РАДОВИ ОД МЕТАЛА**	**METALWORK**				
		Све позиције обухватају описе појединачних ставки и следеће заједничке услове: - Армирачки радови ће бити изведени у свему по пројекту, статичком прорачуну и важећим правилницима. Цене садрже све радне операције, утрошке материјала, помоћни алат и скеле . - Арматуру очистити од рђе и прљавштине, исправити, исећи, савити и уградити по детаљима (арамтурним нацртима) и статичком прорачуну. - За квалитет уграђене арматуре одговара извођач радова. - Јединична цена садржи и постављање подметача од челика,пластике или бетона за постизање предвиђених заштитних слојева и правилног положаја арматуре у конструкцији. Сва подеона арматура и узенгије ће бити чврсто везани за главну арматуру тако да не може доћи до промене положаја арматуре за време бетонирања конструкције. - Стварно уграђена количина арматуре обрачунава се по kg без обзира на сложеност и пречнике шипки арматуре. - Обрачун количина извршити према табличним тежинама арматуре и дужинама	All items include its own descriptions and the following common conditions: - Reinforcement shall be done in strict accordance with the design, structural analysis and the relevant regulations. The prices shall cover all operations, consumed materials, tools and scaffolds. - Rebars shall be cleaned from rust and dirt, straightened, cut, bent and positioned as detailed in reinforcement plans and structural analysis. - The Contractor shall be responsible for the quality of installed rebars. - The unit price shall also cover steel, plastic or concrete pads for ensuring proper covers and positions of bars. Lateral rebars and stirrups shall be firmly fixed to main rebars to prevent change of positions during concreting. - The actual quantity of rebars of all classes shall be measured per kg regardless of their complexity and diameters. - Measurement will be done according to tabulated weights of bars and lengths indicated in reinforcement plans.				
2/1.1.1.4.1		Набавка, чишћење, сечење, машинско савијање и монтажа арматуре према пропису, пројекту и статичким детаљима. Плаћа се по kg уграђене арматуре.	Purchase, wire brush, cut, bend mechanically and position bars according to the regulation, the design and the static detailed drawings. Payment per kg of positioned bars.				
		Ребраста арматура B 500B	Ribbed reinforcement B 500B	kg	216,750.00	120.00	26,010,000.00
							26,010,000.00
		УКУПНО АРМИРАЧКИ РАДОВИ:	**TOTAL METAL WORK:**				

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.1: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
КИСАЧКА УЛИЦА на km 76+601.02

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.1: UNDERPASS DESIGN
KISACKA STREET at km 76+601.02

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) Price (Din)
					A	B	A x B
2/1.1.1.5	**05**	**КОНСТРУКЦИЈСКИ ЧЕЛИК**	**STRUCTURAL STEEL**				
		Елементи имају своје појединачне описе као и следеће опште услове: - Израда конструкцијског челика мора бити обављена у складу са пројектом, статичким прорачуном и релевантним прописима. Цена ће покрити све активности, утрошене материјале, алате и скеле. - Са челичних профила и лимова се мора очистити рђа и прљавштина и морају бити исечено, савијени и позиционирани као што је предвиђено у цртежима израде челичних елемената и статичком прорачуну. - Извођач сноси одговорност за квалитет челичних профила и лимова. - Конструкцијски челик мора бити атестиран на узорцима који су наведени у одговарајућим техничким прописима за челичне профиле и лимове. - Цена по елементу ће такође покрити и додатне, помоћне елементе (укруте и шарке) који се користе при изради конструкције, конструкцијске спојеве (заварене и зашрафљене), клинове са главом и проверу заварених спојева. - Одступања изведених радова морају бити проверена у складу са кодексом норматива и стандарда у грађевинарству	The items include its own descriptions and the following common conditions: - Structural steel construction shall be done in strict accordance with the design, structural analysis and the relevant regulations. The prices shall cover all operations, consumed materials, tools and scaffolds. - Steel sections and plates shall be cleaned from rust and dirt, cut, bent and positioned as detailed in steel fabrication drawings and structural analysis. - The Contractor shall be responsible for the quality of steel sections and plates. - Structural steel shall be tested on samples specified in the applicable Technical Code for steel sections and plates. - The unit price shall also cover auxiliary members (stiffeners and hinges) for the execution of the structure, structural joints (welded and bolted), headed studs and inspection of welded joints. - Tolerances of executed works shall be checked according to the Codes of practice and standards in civil engineering.				
2/1.1.1.5.1		Израда и подизање челичних структура. Цена ће покрити набавку материјала, израду, транспорт, подизање и антикорозивну заштиту у складу са ЕН ИСО 12944-5, класа С5-I. Плаћање изведених радова се врши по тони изведених конструкција Класа челика: S355 J2+M	Fabrication and erection of steel structures. The price shall cover procurement of materials, fabrication, transport, erection, anticorrosive protection according to EN ISO 12944-5, class C5-I. Payment for completed work per tons of executed structures. Steel grade: S355 J2+M				
		HEA 600	HEA 600	kg	195,000.00	300.00	58,500,000.00
		УКУПНО КОНСТРУКЦИЈСКИ ЧЕЛИК:	**TOTAL STRUCTURAL STEEL:**				**58,500,000.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.1: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
КИСАЧКА УЛИЦА на km 76+601.02

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.1: UNDERPASS DESIGN
KISACKA STREET at km 76+601.02

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) Price (Din)
					A	B	A x B
2/1.1.1.6	**06**	**ИЗОЛАТЕРСКИ РАДОВИ**	**WATERPROOFING**				
		- Сви изолатерски радови морају бити изведени педантно и тачно према захтевима из пројекта, предрачуна радова и детаљима. - Употребљени материјали морају одговарати важећим стандардима и прописима, снабдевени атестима овлашћене установе, проверени у употребу, трајни колико и објекат или пројектовани тако да је њихова замена могућа. - Све грешке на конструкцији морају се на одговарајући начин отклонити или санирати пре почетка наношења изолационог материјала. - У јединичну цену је урачуната набавка свог потребног материјала, алата, транспорт и израда. - Плаћа се за потпуно готов посао по m^2 урађене изолације и/или заштите.					
2/1.1.1.6.1		Израда хидроизолације од једног хладног премаза битулитом и једног премаза врућим битуменом бетонских површина које су у контакту са земљом.	Apply waterproofing of one cold coat of bitumen emulsion and one hot bitumen coat onto concrete surfaces in contact with ground.	m^2	1,300.00	1,200.00	1,560,000.00
2/1.1.1.6.2		Израда заштите бетонских површина заштитним хидрофобним премазом за бетон, на бази пенетрата. Површине морају бити претходно очишћене и суве. Премазивање подразумева заштиту и импрегнацију свих видљивих бетонских површина моста које су у додиру са атмосферским утицајима.	Protect concrete surfaces with protective hydrophobic penetrat-based coats. Surfaces shall be clean and dry prior to application. This means that all visible concrete surfaces on the bridge exposed to atmosphere shall be coated for the purpose of protection and impregnation.	m^2	1,300.00	2,000.00	2,600,000.00
2/1.1.1.6.3		Заштитни премаз бетона на пешачким стазама, степеницама и подестима, d=3-3.5 mm, формираног од 4 слоја: епокси прајмер, водоотпорни слој пур смоле, основни премаз пур смоле (полиуретан) са кварц песком (0.5-1 mm) и завршни слој пур смоле.	Apply protective coats onto concrete surface on footways, steps and landings, 3-3.5 mm thick, 4-ply of epoxy primer, water repellent pur resin, base coat of pur resin (polyurethane) with quartz sand (0.5-1 mm) and top coat of pur resin.	m^2	227.00	2,500.00	567,500.00
2/1.1.1.6.4		Израда хидроизолације горње плоче на бази метил метакрилата, прскањем под притиском. Радови по овој позицији се изводе у складу са техничким условима и нормативима за ову врсту послова као и по технологији произвођача. У цену су урачунати набавка материјала, тр	Spray under pressure methyl metacrylate-based waterproofing layer under ballast bed. Work shall be done according to relevant technical conditions and standards and the manufacturer's technology. The price shall cover procurement, transport and placing of materials.	m^2	774.00	4,150.00	3,212,100.00
		УКУПНО ИЗОЛАТЕРСКИ РАДОВИ:	**TOTAL WATERPROOFING:**				**7,939,600.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.1: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
КИСАЧКА УЛИЦА на km 76+601.02

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.1: UNDERPASS DESIGN
KISACKA STREET at km 76+601.02

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) Price (Din)
					A	B	A x B
2/1.1.1.7	**07**	**ЛЕЖИШТА И ДИЛАТАЦИЈЕ**	**BEARINGS AND EXPANSION JOINTS**				
2/1.1.1.7.1		Израда и постављање армирано еластомер них лежишта. Плаћа се по комаду постављ еног лежишта. Приказане вредности су сер висне. X - подужни правац Y - попречни правац Z - вертикални правац	Cast and position reinforced elastomer bearings. Payment per each bearing in place. Service loads are presented. X - longitudinal direction Y - lateral direction Z - vertical direction				
		непокретна лежишта $V_{z,max}$=4800 kN $H_{x,max}$=400 kN $H_{y,max}$=700 kN	fixed bearings $V_{z,max}$=4800 kN $H_{x,max}$=400 kN $H_{y,max}$=700 kN	ком	12.00	120,000.00	1,440,000.00
		покретна у X правцу $V_{z,max}$=2100 kN $H_{y,max}$=700 kN $u_{x,max}$=80 mm (±40 mm)	movable in X direction $V_{z,max}$=2100 kN $H_{y,max}$=700 kN $u_{x,max}$=80 mm (±40 mm)	ком	6.00	120,000.00	720,000.00
		покретна у Y правцу $V_{z,max}$=4800 kN $H_{x,max}$=400 kN $u_{y,max}$=5 mm	movable in Y direction $V_{z,max}$=4800 kN $H_{x,max}$=400 kN $u_{y,max}$=5 mm	ком	16.00	120,000.00	1,920,000.00
		покретна у оба правцима $V_{z,max}$=2100 kN $u_{x,max}$=80 mm (±40 mm) $u_{y,max}$=5 mm	movable in both directions $V_{z,max}$=2100 kN $u_{x,max}$=80 mm (±40 mm) $u_{y,max}$=5 mm	ком	6.00	120,000.00	720,000.00
2/1.1.1.7.2		Набавка и уградња водонепропусне елеаст омерне дилатационе спојнице	Supply and installation of waterproofing elastomeric expansion joint				
		подужна дилатациона спојница између две конструкције капацитета минимум 30 mm у вертикалном правцу и 5 mm у попречном п равцу	longitudinal expansion join between two structures with capacity of minimum 30 mm in vertical direction and 5 mm in lateral direction	m	90.00	140,000.00	12,600,000.00
		дилатациона спојница капацитета минимум 80 mm у подужном правцу моста	expansion join with capacity of minimum 80 mm in longitudinal direction of the bridge	m	40.00	180,000.00	7,200,000.00
		УКУПНО ЛЕЖИШТА И ДИЛАТАЦИЈЕ:	**OTAL BEARINGS AND EXPANSION JOINTS:**				**24,600,000.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.1: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
КИСАЧКА УЛИЦА на km 76+601.02

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.1: UNDERPASS DESIGN
KISACKA STREET at km 76+601.02

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity A	Јед. цена (дин) Unit rate (Din) B	Цена (дин) Price (Din) A x B
2/1.1.1.8	**08**	**ОСТАЛИ РАДОВИ**	**MISCELLANEOUS**				
		За све позиције наведених радова важи: * у цену је урачуната набавка свог потребног материјала, алата, механизације, транспорт, израда и монтажа према пројекту, а за комплетно завр шен посао					
2/1.1.1.8.1		Постављање еластичног тепиха (простирк е) за заштиту од буке и пригушење вибраци ја, између засторне призме и бетонске конс трукције. У цену урачуната набавка, трансп орт и уградња. Плаћа се по m^2 постављене еластичне про	An elastic mat for noise protection and vibration damping shall be placed between the ballast prism and concrete structure. The price includes the procurement, transport and installation. Payment per m^2 of installed elastic mat.	m^2	602.00	6,000.00	3,612,000.00
2/1.1.1.8.2		Набавка и монтажа дренажних цеви у склоп у насипа иза обалних стубова и њихово изв ођење до одводних канала	Supply and installation of drainage pipes in the bottom of backfill and their guide out to dewatering channels	m	80.00	1,800.00	144,000.00
2/1.1.1.8.3		Израда и постављање ограде од челика S 235 JRG1 са израдом и постављањем зашт итне мреже у висини од 2.0 m. У цену је урачуната набавка материјала, из рада, транспорт, монтажа, антикорозиона з аштита са два основна и два завршна прем аза покривном бојом, а у свему према проје кту. Плаћа се по kg постављене ограде.	Construction and installation of railings of S 235 JRG1 steel grade with construction and installation of protective fence in heght of 2.0 m. The price includes purchase of material, assembly transport, erection, anticorrosive protection of two primers and two top coats of paint, fully as designed. Payment per kg of railing/fence.				
2/1.1.1.8.4		- цевне или од профила	- tubular railing or sections	kg	5,000.00	250.00	1,250,000.00
2/1.1.1.8.5		Рушење постојеће конструкције је обрађен о у посебној свесци 10/1 Пројекат рушења п одвожњака Кисачка улица	Demolish of existing underpass structure is analized in separate book 10/1 Demolition design of underpass in Kisacka street				0.00
2/1.1.1.8.6		Испитивање готовог моста.	Bridge load testing		паушално / lump sum		2,100,000.00
2/1.1.1.8.7		Фотографско снимање у току изградње мос	Make photo records during the construction		паушално / lump sum		150,000.00
2/1.1.1.8.8		Израда и уграђивање плоче са годином изг радње моста.	Prepare and fix a plate inscribed with the year of bridge construction.		паушално / lump sum		15,000.00
2/1.1.1.8.9		Враћање улице у претходно стање по завр шетку радова на изградњи подвожњака	Reconstruction of the street to the previous condition after the underpass structure is complete.	m^2	1,000.00	3,600.00	3,600,000.00
.							
		УКУПНО ОСТАЛИ РАДОВИ:	**TOTAL MISCELLANEOUS:**				**10,871,000.00**

CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION SERBIA OGRANAK BEOGRAD
Koste Racina 16b, 11000 Belgrade, Serbia

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.1: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
КИСАЧКА УЛИЦА на km 76+601.02

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.1: UNDERPASS DESIGN
KISACKA STREET at km 76+601.02

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) Price (Din)
					A	B	A x B

ЗБИРНА РЕКАПИТУЛАЦИЈА GRAND SUMMARY

2/1.1.1.1	01	ИЗВОЂЕЊЕ HW ШИПОВА	CONSTRUCTION OF HW PILES	40,740,000.00
2/1.1.1.2	02	ЗЕМЉАНИ РАДОВИ	EARTHWORKS	27,488,000.00
2/1.1.1.3	03	БЕТОНСКИ И АРМИРАНОБЕТОНСКИ РАДО	PLAIN AND REINFORCED CONCRETE	40,747,200.00
2/1.1.1.4	04	РАДОВИ ОД МЕТАЛА	METALWORK	26,010,000.00
2/1.1.1.5	05	КОНСТРУКЦИЈСКИ ЧЕЛИК	STRUCTURAL STEEL	58,500,000.00
2/1.1.1.6	06	ИЗОЛАТЕРСКИ РАДОВИ	WATERPROOFING	7,939,600.00
2/1.1.1.7	07	ЛЕЖИШТА И ДИЛАТАЦИЈЕ	BEARINGS AND EXPANSION JOINTS	24,600,000.00
2/1.1.1.8	08	ОСТАЛИ РАДОВИ	MISCELLANEOUS	10,871,000.00

УКУПНО (дин): **GRAND TOTAL (Din):** **236,895,800.00**

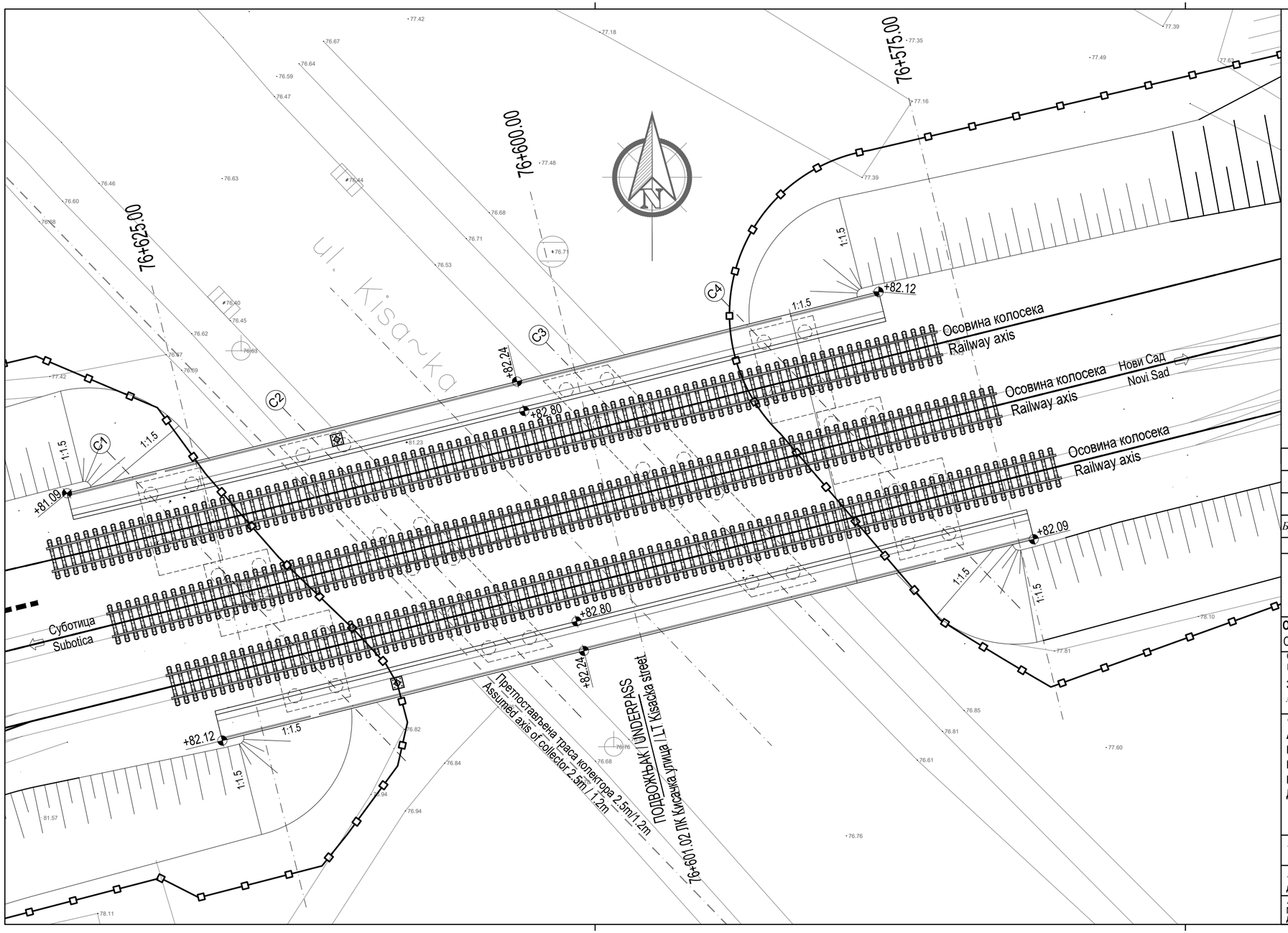
Београд, јун 2021. Belgrade, June 2021

Одговорни пројектант: Responsable designer:

Зоран Луковић, дипл. грађ. инж.
лиценца бр: 310 3032 03

Zoran Luković, grad. civ. eng.
Licence no.: 310 3032 03

2/1.1.2.7 ГРАФИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА



03		
02		
01		
Број/Number	*Датум* / Date	*Опис* / Description

Ревизиони блок: / Revision block:

China Railway Design Corporation Serbia
Ogranak Beograd
Косте Рацина 16б; 11000 Београд; Србија

Организациона јединица: ГРАЂЕВИНАРСТВО И САОБРАЋАЈ
Organization unit: DEPARTMENT OF CIVIL AND TRANSPORTATION

Одговорни пројектант:
Responsible designer:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж
лиценца број: / license No.: *310 3032 03*

Сарадници: / Associates:
Ана Веловић, дипл.грађ.инж.
Новак Веловић, дипл.грађ.инж.
Нинослав Миленковић, дипл.грађ.инж.
Милена Милићевић, дипл.грађ.инж.
Драган Микић, дипл.грађ.инж.

Унутрашња контрола/ Internal control:
Hou Jieping. Master & Shi Wei. Bachelor

Главни пројектант/ Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Инвеститор пројекта/ Investor:
" ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ " А.Д.
/ " INFRASTRUCTURE RAILWAYS OF SERBIA " JSC
Немањина 6/IV, Београд / Nemanjina Street 6/IV, Belgrade

Наручилац пројекта: / Employer:
China Railway International Corporation Ltd.
No.10 Fuxing Road,Haidian District,Beijing
P.R China, 100844
China Communication Construction Company Ltd. (CCCC)
No.85 Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing
P.R China, 100088

Објекат:/Structure:
ПРУГА БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)

BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA) RAILWAY LINE
SECTION : NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA)

Део пројекта:/ Part of Design:
ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА / DESIGN OF CONSTRUCTION

2/1.1.1 Пројекат моста на км 76+601.02
2/1.1.1 Bridge at km 76+601.02

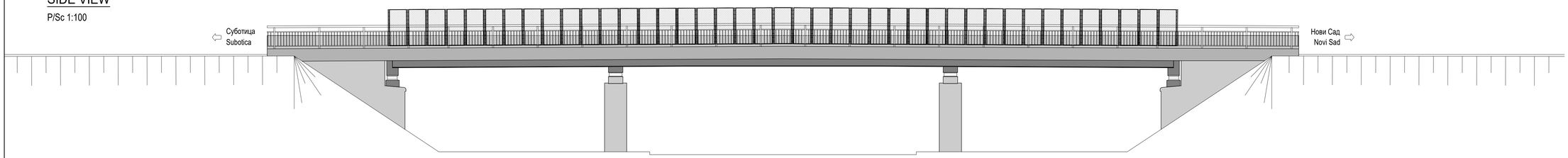
Цртеж: Drawing:
СИТУАЦИОНИ ПЛАН
SITUATION PLAN

Размера: Scale:
1:200

Врста тех. док.: Type of tech. docum.: **ПГД / DCP**
датум/date: **04.2021.**
Цртеж бр/Drawing No.: **2020-001-ГС-2/1.1.1.7.Ц01.**

ПОДВОЖЊАК у km 76+601.02
UNDERPASS at km 76+601.02

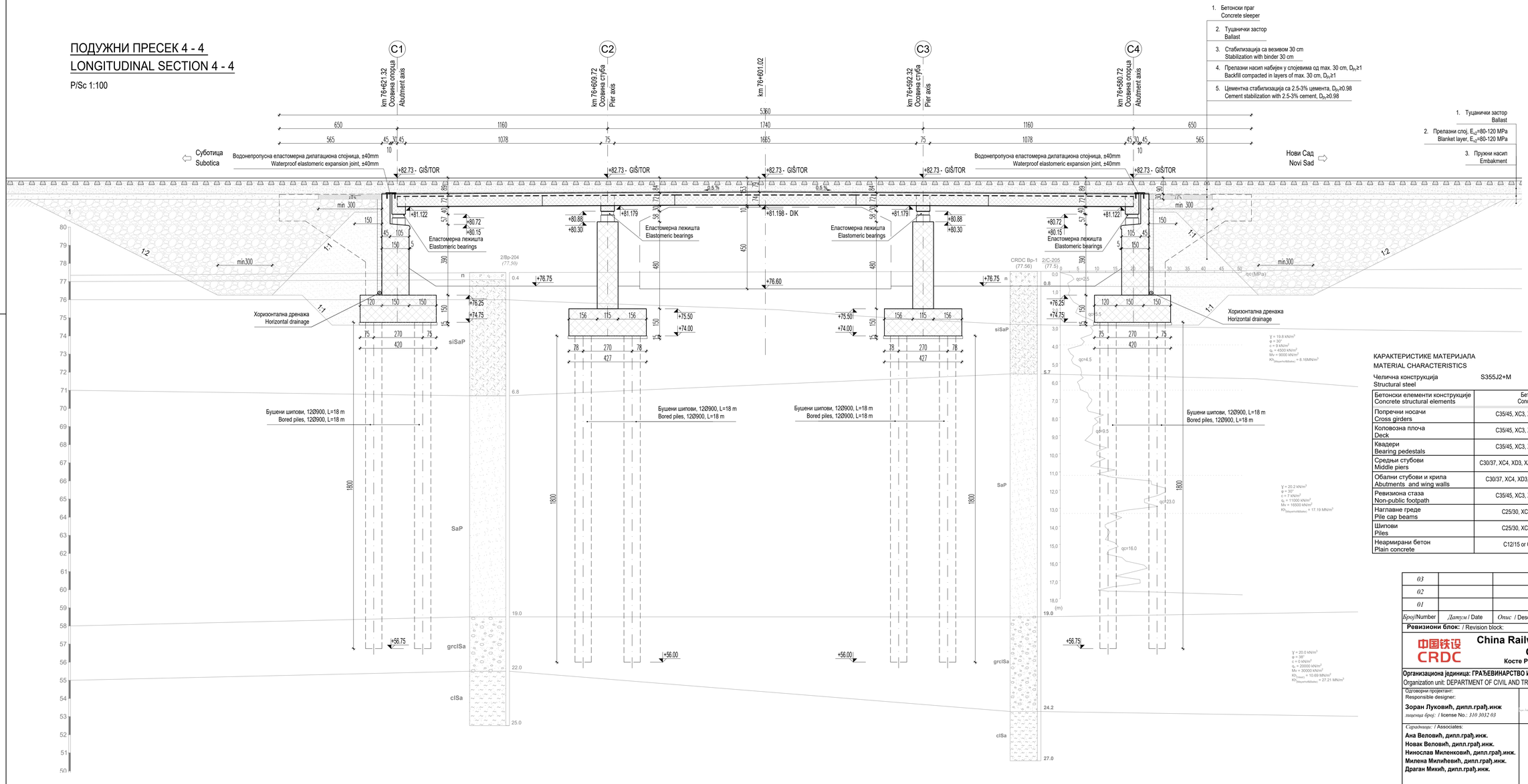
ИЗГЛЕД КОНСТРУКЦИЈЕ
SIDE VIEW
P/Sc 1:100



ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕЦИ
CROSS SECTIONS
P/Sc 1:50

Скраћенице и симболи
Abbreviations and symbols
GIŠ - Горња ивица шине/ Top of Rail
DIK - Доња ивица конструкције/ Lower edge of the structure

ПОДУЖНИ ПРЕСЕК 4 - 4
LONGITUDINAL SECTION 4 - 4
P/Sc 1:100



1. Бетонски праг
   Concrete sleeper
2. Туцанички застор
   Ballast
3. Стабилизација са везивом 30 cm
   Stabilization with binder 30 cm
4. Прелазни насип набијен у слојевима од max. 30 cm, $D_{Pr} \geq 1$
   Backfill compacted in layers of max. 30 cm, $D_{Pr} \geq 1$
5. Цементна стабилизација са 2.5-3% цемента, $D_{Pr} \geq 0.98$
   Cement stabilization with 2.5-3% cement, $D_{Pr} \geq 0.98$

1. Туцанички застор
   Ballast
2. Прелазни слој, E_{v2}=80-120 MPa
   Blanket layer, E_{v2}=80-120 MPa
3. Пружни насип
   Embakment

КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА
MATERIAL CHARACTERISTICS

Челична конструкција — S355J2+M
Structural steel

Бетонски елементи конструкције Concrete structural elements	Бетон Concrete	Арматура Reinforcement	Заштитни слој Protection layer
Попречни носачи Cross girders	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Коловозна плоча Deck	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Квадери Bearing pedestals	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	5.0 cm
Средњи стубови Middle piers	C30/37, XC4, XD3, XA1, XF2, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Обални стубови и крила Abutments and wing walls	C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Ревизиона стаза Non-public footpath	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	4.0 cm
Наглавне греде Pile cap beams	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Шипови Piles	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Неармирани бетон Plain concrete	C12/15 or C16/20, X0		

Број/Number	Датум / Date	Опис / Description
03		
02		
01		

Ревизиони блок: / Revision block:

China Railway Design Corporation Serbia
Ogranak Beograd
Косте Рацина 16б; 11000 Београд; Србија

Организациона јединица: ГРАЂЕВИНАРСТВО И САОБРАЋАЈ
Organization unit: DEPARTMENT OF CIVIL AND TRANSPORTATION

Одговорни пројектант:
Responsible designer:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж
лиценца број: / license No.: *310 3032 03*

Сарадници: / Associates:
Ана Веловић, дипл.грађ.инж.
Новак Веловић, дипл.грађ.инж.
Нинослав Миленковић, дипл.грађ.инж.
Милена Милићевић, дипл.грађ.инж.
Драган Микић, дипл.грађ.инж.

Инвеститор пројектне документације:
" ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ " А.Д.
/ " INFRASTRUCTURE RAILWAYS OF SERBIA " JSC
Naručilac projekta: / Employer:
China Railway International Corporation, Ltd.
No.16, Fuxing Road,Haidian District,Beijing
P.R China, 100844
China Communication Construction Company Ltd. (CCCC)
No.85, Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing
P.R China, 100088

Објекат:/Structure:
ПРУГА БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДВОКОЛОСЕЧНА ПРУГА НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA) RAILWAY LINE
SECTION - NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA)

Део пројекта: / Part of Design:
ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА / DESIGN OF CONSTRUCTION

2/1.1.1 Пројекат моста на км 76+601.02
2/1.1.1 Bridge at km 76+601.02

Унутрашња контрола / Internal control:
Hou Jieping, Master & Shi Wei, Bachelor

Главни пројектант / Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

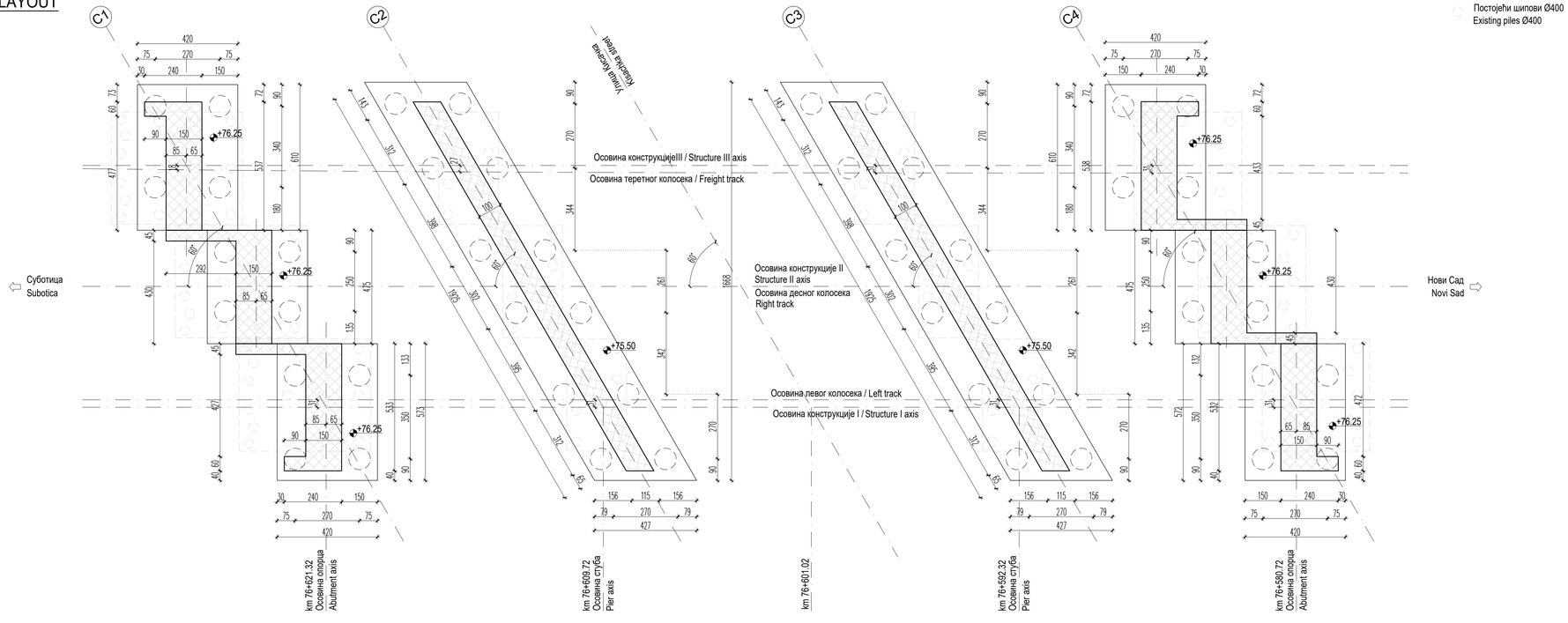
Цртеж: Drawing:
ПОДУЖНИ ПРЕСЕК И ИЗГЛЕД МОСТА
LONGITUDINAL SECTION AND LAYOUT OF THE BRIDGE

Размера: Scale: **1:100**

Врста тех. док.: Type of tech. docum.: **ПГД / DCP**
Датум/date: **04.2021.**
Цртеж бр/Drawing No.: **2020-001-FC-2/1.1.1.7.L02.**

ОСНОВА ТЕМЕЉА
FOUNDATION LAYOUT

P/Sc 1:100



КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА
MATERIAL CHARACTERISTICS

Челична конструкција / Structural steel: S355J2+M

Бетонски елементи конструкције Concrete structural elements	Бетон Concrete	Арматура Reinforcement	Заштитни слој Protection layer
Попречни носачи Cross girders	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Коловозна плоча Deck	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Квадери Bearing pedestals	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	5.0 cm
Средњи стубови Middle piers	C30/37, XC4, XD3, XA1, XF2, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Обални стубови и крила Abutments and wing walls	C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Ревизиона стаза Non-public footpath	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	4.0 cm
Наглавне греде Pile cap beams	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Шипови Piles	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Неармирани бетон Plain concrete	C12/15 or C16/20, X0		

Број/Number	Датум / Date	Опис / Description
03		
02		
01		

Ревизиони блок: / Revision block:

China Railway Design Corporation Serbia
Ogranak Beograd
Косте Рацина 16б; 11000 Београд; Србија

Организациона јединица: ГРАЂЕВИНАРСТВО И САОБРАЋАЈ
Organization unit: DEPARTMENT OF CIVIL AND TRANSPORTATION

Одговорни пројектант: / Responsible designer:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж.
лиценца број: / license No.: *310 3032 03*

Сарадници: / Associates:
Ана Веловић, дипл.грађ.инж.
Новак Веловић, дипл.грађ.инж.
Ненослав Миленковић, дипл.грађ.инж.
Милена Милићевић, дипл.грађ.инж.
Драган Микић, дипл.грађ.инж.

Инвеститор пројектне документације / Investor:
" ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ " А.Д.
/ " INFRASTRUCTURE RAILWAYS OF SERBIA " JSC
Немањина 6/IV, Београд / Nemanjina Street 6/IV, Belgrade

Подгрупа пројекта / Employer:
China Railway International Corporation Ltd.
No.10, Fuxing Road,Haidian District,Beijing
P.R China, 100044
China Communications Construction Company Ltd. (CCCC)
No.85, Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing
P.R China, 100088

Објекат / Structure:
ПРУГА БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA) RAILWAY LINE
SECTION : NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA)

Део пројекта / Part of Design:
ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА / DESIGN OF CONSTRUCTION

2/1.1.1 Пројекат моста на км 76+601.02
2/1.1.1 Bridge at km 76+601.02

Унутрашња контрола / Internal control:
Hou Jieping. Master & Shi Wei. Bachelor.

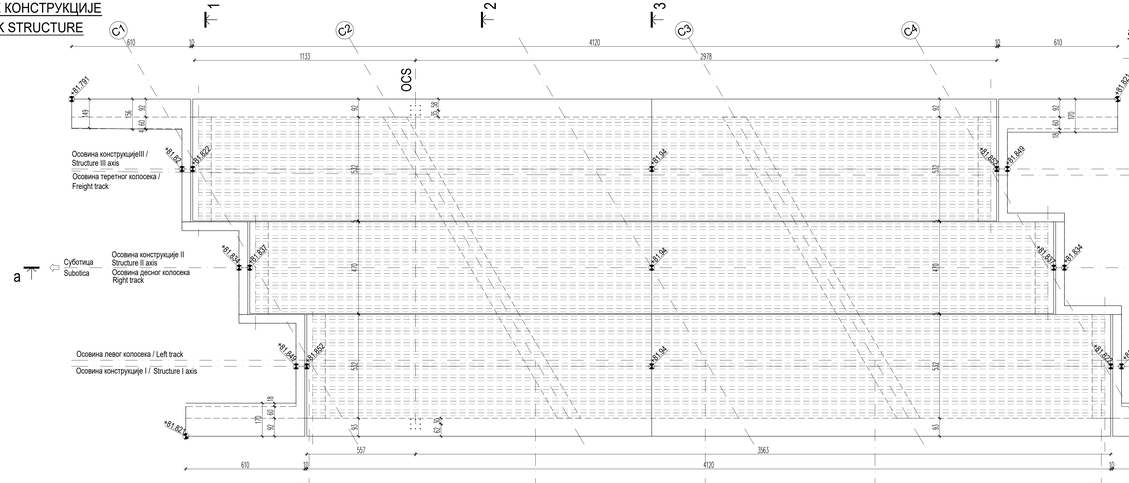
Главни пројектант / Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

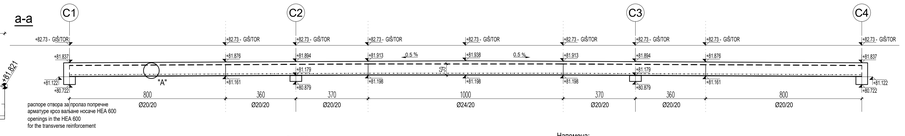
Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Цртеж / Drawing: **ОСНОВА КОНСТРУКЦИЈЕ / PLAN VIEW**
Размера / Scale: **1:100**
Врста тех. док.: / Type of tech. docum.: **ПГД / DCP**
Датум / Date: **04.2021.**
Цртеж бр. / Drawing No.: **2020-001-ГС-2/1.1.1.7.Ц03.**

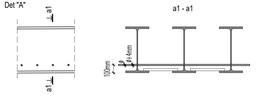
ОСНОВА КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ
PLAN VIEW OF A DECK STRUCTURE

P/Sc 1:100





растоје отвора за пропуз попречне арматуре кроз вазљаке носача HEA 600
openings in the HEA 600
for the transverse reinforcement



Напомена:
Рупе за пропаз попречне арматуре кроз ребро вазљаних носача HEA 600 морају бити изведене бушењем.

Note:
The holes in the webs of the steel rolled section HEA 600 should be drilled.

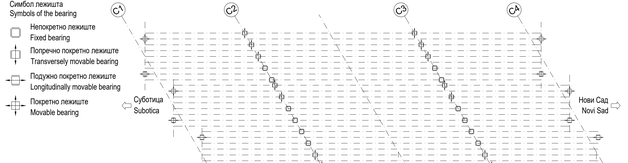
КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА
MATERIAL CHARACTERISTICS

Челична конструкција Structural steel	S355J2+M			
Бетонски елементи конструкције Concrete structural elements	Бетон Concrete	Арматура Reinforcement	Заштитни слој Protection layer	
Попречни носачи Cross girders	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm	
Коловозна плоча Deck	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm	
Квадери Bearing pedestals	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	5.0 cm	
Средњи стубови Middle piers	C30/37, XC4, XD3, XA1, XF2, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm	
Обални стубови и крила Abutments and wing walls	C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm	
Ревизиона стаза Non-public footpath	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	4.0 cm	
Наглавне греде Pile cap beams	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm	
Шилови Piles	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm	
Неармирани бетон Plain concrete	C12/15 or C16/20, X0			

РАСПОРЕД ЛЕЖИШТА
BEARING ARRANGEMENT

Симбол лежишта
Symbols of the bearing

- Непокретно лежиште / Fixed bearing
- Попречно покретно лежиште / Transversely movable bearing
- Подужно покретно лежиште / Longitudinally movable bearing
- Покретно лежиште / Movable bearing



Бр./Number	Датум / Date	Опис / Description
03		
02		
01		

Ревизиони блок: / Revision block:

中国铁设 CRDC
China Railway Design Corporation Serbia
Ogranak Beograd
Косте Рашића 186; 11000 Београд; Србија

Организациона јединица: ГРАЂЕВИНАРСТВО И САОБРАЋАЈ
Organization unit: DEPARTMENT OF CIVIL AND TRANSPORTATION

Одговорни пројектант:
Responsible designer:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж.
лицена бр. / license No.: 310 3032 03

Сарадници / Associates:
Ана Веловић, дипл.грађ.инж.
Новак Веловић, дипл.грађ.инж.
Никодија Милићевић, дипл.грађ.инж.
Милена Милићевић, дипл.грађ.инж.
Драган Микић, дипл.грађ.инж.

Интерни контролор / Internal control:
Hou Jieqing, Master & Shi Wei, Bachelor
Главни пројектант / Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.
Руководилац организационе јединице / Manager of organization unit:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Инвеститор / Investor:
"ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ" А.Д. / INFRASTRUCTURE RAILWAYS OF SERBIA JSC
Немањина 6/IV, Београд, Република Србија / Nemanjina 6/IV, Belgrade, Republic of Serbia

Извршилац пројектних активности / Implementer:
China Railway Construction Corporation Ltd. (CRCC)
No.40 Jianshe Road, Chaoyang District, Beijing, P.R. China, 100024
China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd. (SIDI)
No.2 Danshuiquan Road, Xinzhuang District, Shanghai, P.R. China, 201805

Пројекат / Structure:
ПРУГА БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (МЕЂУРЕЊЕ)
ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (МЕЂУРЕЊЕ)
BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA) RAILWAY LINE
SECTION: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA)

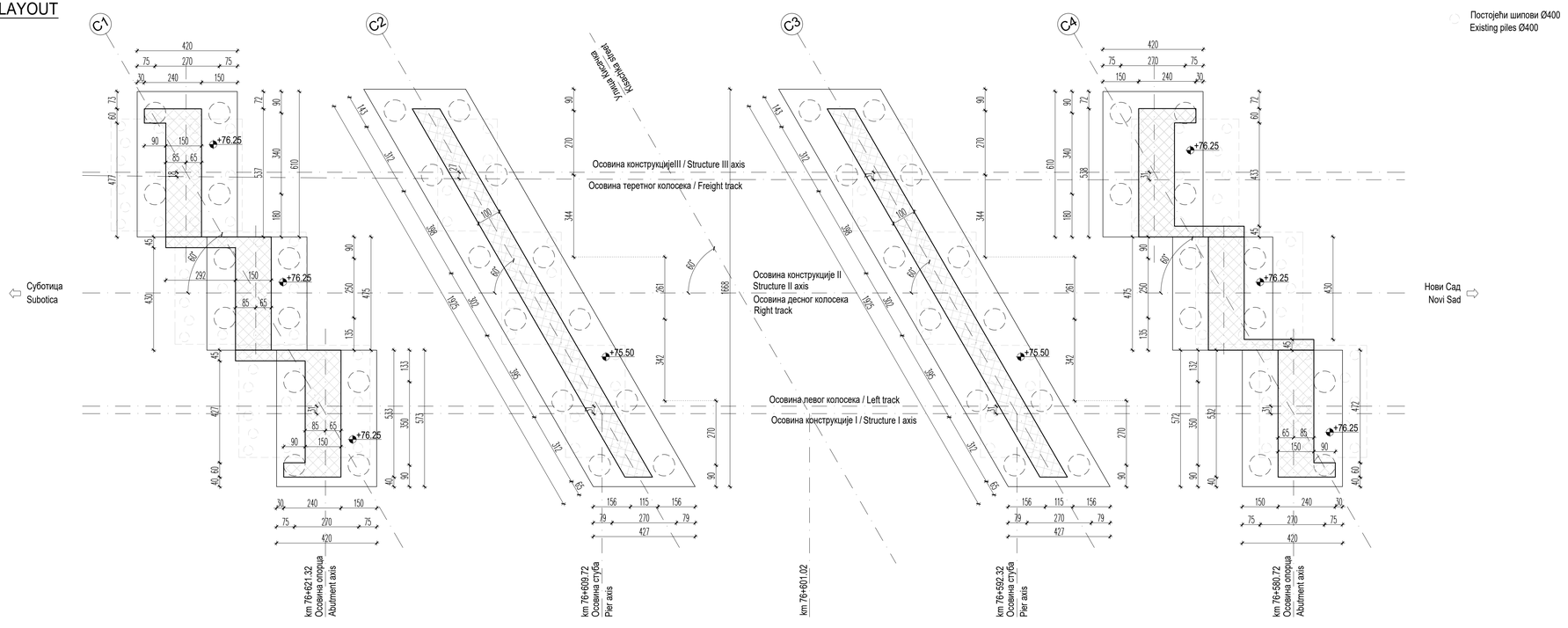
Део пројекта / Part of Design:
ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА / DESIGN OF CONSTRUCTION

21.1.1 Пројект моста на km 76+601.02
21.1.1 Bridge at km 76+601.02

Пројекат / Drawing: ОСНОВА КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ PLAN VIEW OF A DECK STRUCTURE		Размера / Scale: 1:100
Врста тех. док. / Type of tech. doc.: ПГД / DCP	Врста / Type: MAIN DESIGN	Пројекат / Drawing No.: 04.2021. 2020-001-F/C-3/1.1.1.7 L04.

ОСНОВА ТЕМЕЉА
FOUNDATION LAYOUT

P/Sc 1:100



КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА
MATERIAL CHARACTERISTICS

Челична конструкција / Structural steel: S355J2+M

Бетонски елементи конструкције Concrete structural elements	Бетон Concrete	Арматура Reinforcement	Заштитни слој Protection layer
Попречни носачи Cross girders	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Коловозна плоча Deck	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Квадери Bearing pedestals	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	5.0 cm
Средњи стубови Middle piers	C30/37, XC4, XD3, XA1, XF2, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Обални стубови и крила Abutments and wing walls	C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Ревизиона стаза Non-public footpath	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	4.0 cm
Наглавне греде Pile cap beams	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Шипови Piles	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Неармирани бетон Plain concrete	C12/15 or C16/20, X0		

Број/Number	*Датум* / Date	*Опис* / Description
03		
02		
01		

Ревизиони блок: / Revision block:

China Railway Design Corporation Serbia
Ogranak Beograd
Косте Рацина 16б; 11000 Београд; Србија

Организациона јединица: ГРАЂЕВИНАРСТВО И САОБРАЋАЈ
Organization unit: DEPARTMENT OF CIVIL AND TRANSPORTATION

Одговорни пројектант:
Responsible designer:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж
лиценца број: / license No.: *310 3032 03*

Сарадници: / Associates:
Ана Веловић, дипл.грађ.инж.
Новак Веловић, дипл.грађ.инж.
Ненослав Миленковић, дипл.грађ.инж.
Милена Милићевић, дипл.грађ.инж.
Драган Микић, дипл.грађ.инж.

Инвеститор пројекта/ Investor:
" ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ " А.Д.
/ " INFRASTRUCTURE RAILWAYS OF SERBIA " JSC
Немањина 6/IV, Београд / Nemanjina Street 6/IV, Belgrade

Подухвалац пројекта: / Employer:
China Railway International Corporation Ltd.
No.10, Fuxing Road,Haidian District,Beijing
P.R China, 100044

China Communications Construction Company Ltd. (CCCC)
No.85, Daliushugongmen Street,Xicheng District,Beijing
P.R China, 100088

Објекат:/Structure:
ПРУГА БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA) RAILWAY LINE
SECTION : NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA)

Део пројекта / Part of Design:
ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА / DESIGN OF CONSTRUCTION

2/1.1.1 Пројекат моста на км 76+601.02
2/1.1.1 Bridge at km 76+601.02

Унутрашња контрола / Internal control:
Hou Jieping. Master & Shi Wei. Bachelor.

Главни пројектант / Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Цртеж/ Drawing:
ОСНОВА ТЕМЕЉА
FOUNDATION LAYOUT

Размера: Scale: **1:100**

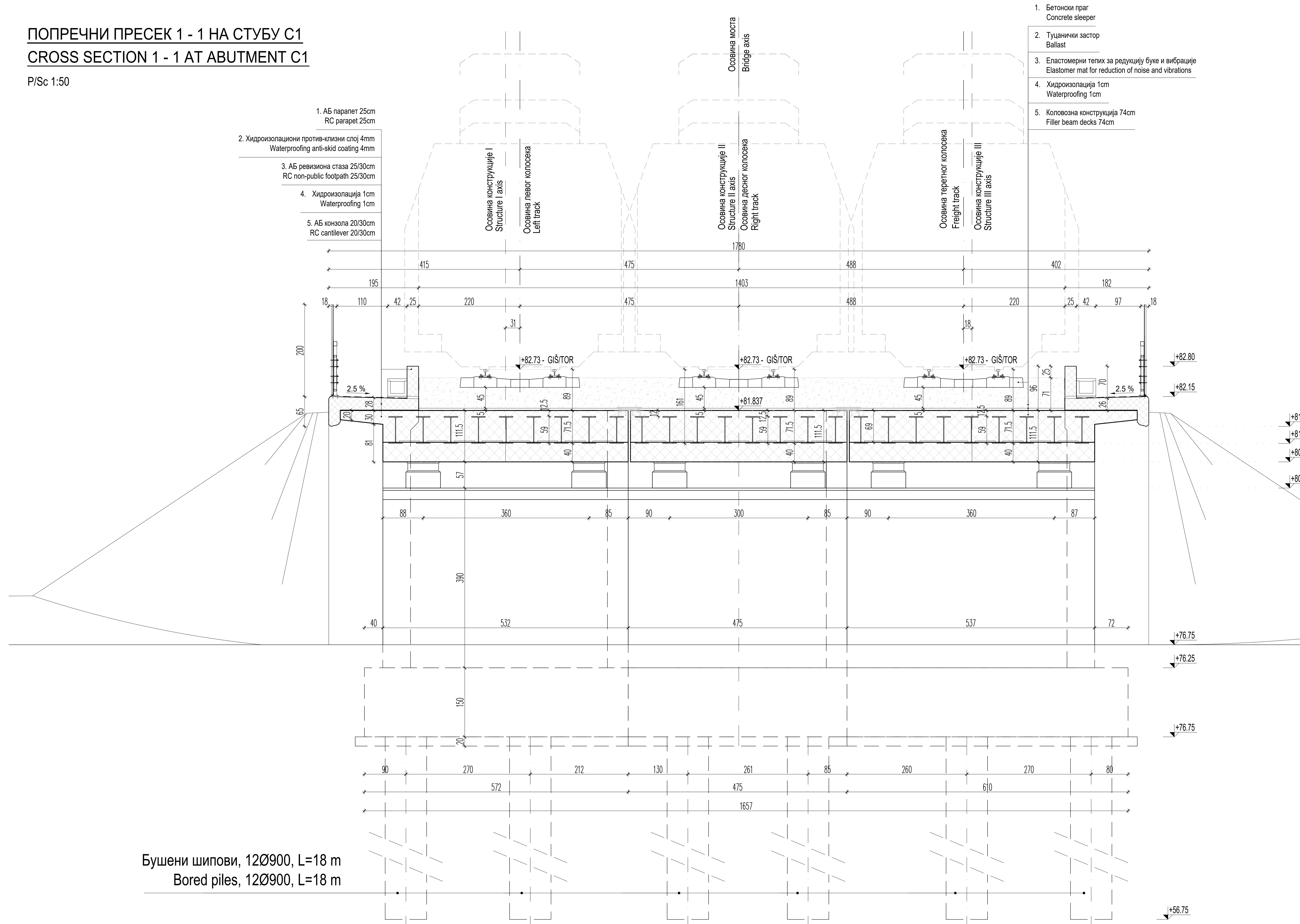
Врста тех. док: Type of tech. docum.: **ПГД / DCP**

Датум/Date: **04.2021.**

Цртеж бр/Drawing No.: **2020-001-ГС-2/1.1.1.7.Ц05.**

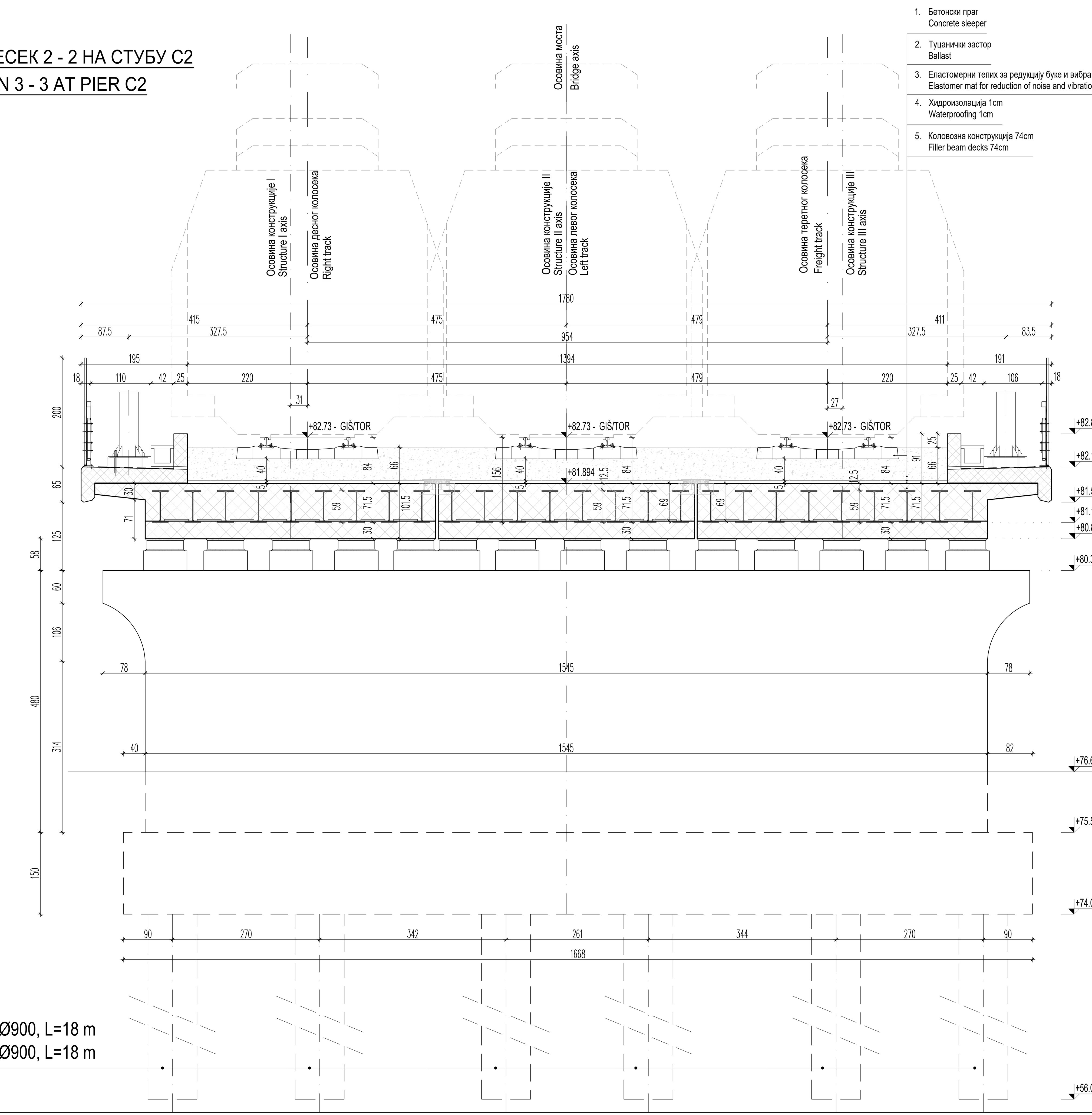
ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК 1 - 1 НА СТУБУ C1
CROSS SECTION 1 - 1 AT ABUTMENT C1

P/Sc 1:50



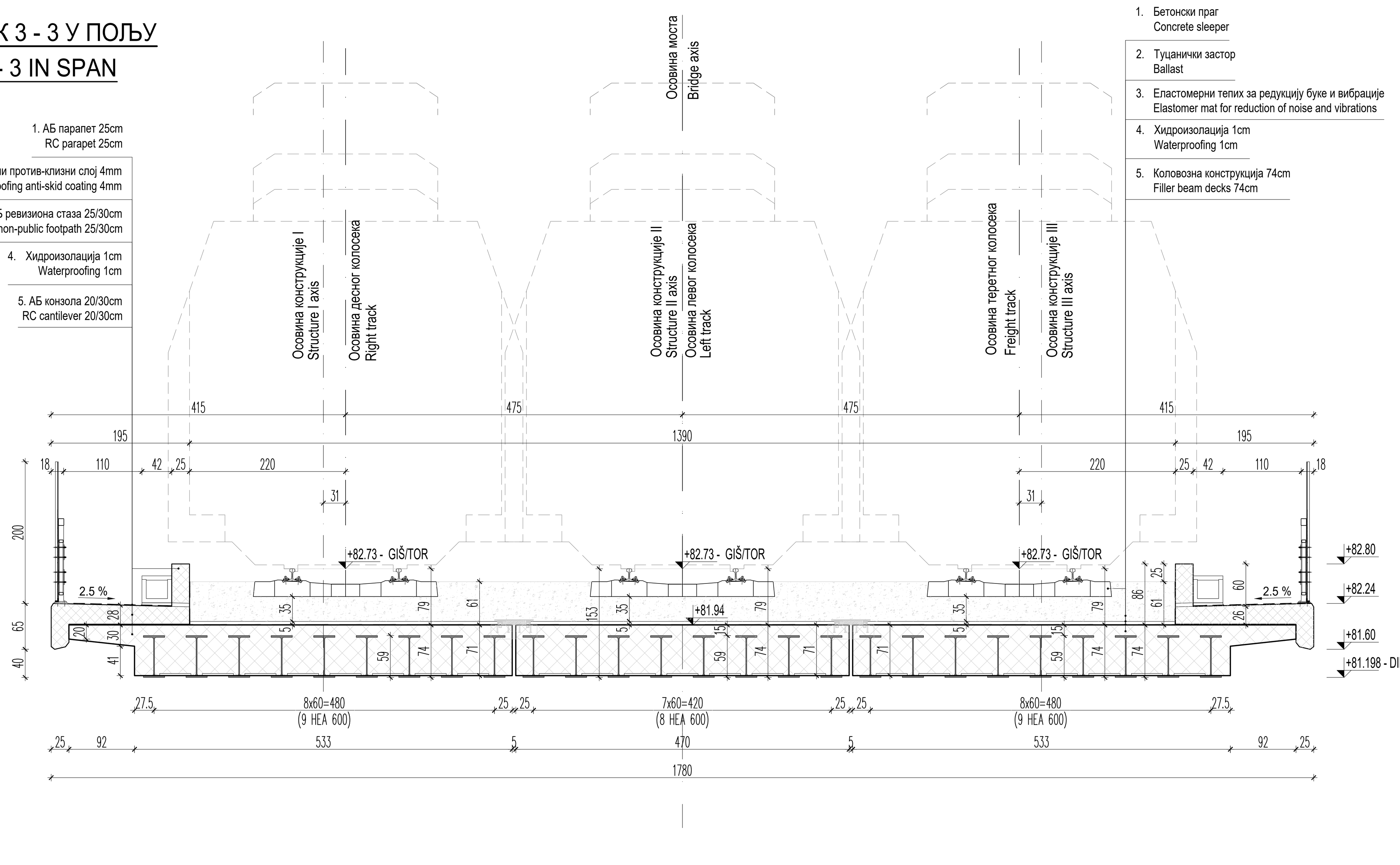
ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК 2 - 2 НА СТУБУ C2
CROSS SECTION 3 - 3 AT PIER C2

P/Sc 1:50



ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК 3 - 3 У ПОЉУ
CROSS SECTION 3 - 3 IN SPAN

P/Sc 1:50



ПОДВОЖЊАК у km 76+601.02
UNDERPASS at km 76+601.02

ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕЦИ
CROSS SECTIONS

P/Sc 1:100

Скраћенице и симболи
Abbreviations and symbols

GIŠ - Горња ивица шине/ Top of Rail
DIK - Доња ивица конструкције/ Lower edge of the structure

КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА
MATERIAL CHARACTERISTICS

Челична конструкција / Structural steel: S355J2+M

Бетонски елементи конструкције Concrete structural elements	Бетон Concrete	Арматура Reinforcement	Заштитни слој Protection layer
Попречни носачи Cross girders	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Коловозна плоча Deck	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Квадери Bearing pedestals	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	5.0 cm
Средњи стубови Middle piers	C30/37, XC4, XD3, XA1, XF2, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Обални стубови и крила Abutments and wing walls	C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Ревизиона стаза Non-public footpath	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	4.0 cm
Наглавне греде Pile cap beams	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Шипови Piles	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Неармирани бетон Plain concrete	C12/15 or C16/20, X0		

Број/Number	Датум / Date	Опис / Description
03		
02		
01		

Ревизиони блок: / Revision block:

中国铁设 CRDC

China Railway Design Corporation Serbia
Ogranak Beograd
Косте Рацина 16б; 11000 Београд; Србија

Организациона јединица: ГРАЂЕВИНАРСТВО И САОБРАЋАЈ
Organization unit: DEPARTMENT OF CIVIL AND TRANSPORTATION

Одговорни пројектант: / Responsible designer:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж
лиценца број: / license No.: 310 3032 03

Сарадници: / Associates:
Ана Веловић, дипл.грађ.инж.
Новак Веловић, дипл.грађ.инж.
Нинослав Миленковић, дипл.грађ.инж.
Милена Милићевић, дипл.грађ.инж.
Драган Микић, дипл.грађ.инж.

Унутрашња контрола: / Internal control:
Hou Jieping. Master & Shi Wei. Bachelor

Главни пројектант: / Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Руководилац организационе јединице: / Manager of organization unit:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Инвеститор пројекта: / Investor:
" ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ " А.Д.
/ " INFRASTRUCTURE RAILWAYS OF SERBIA " JSC
Немањина 6/IV, Београд / Nemanjina Street 6/IV, Belgrade

Наручилац пројекта: / Employer:
China Railway International Corporation Ltd. No.10 Fuxing Road,Haidian District,Beijing P.R China, 100844
China Communication Construction Company Ltd. (CCCC) No.85 Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing P.R China, 100088

Објекат: / Structure:
ПРУГА БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA) RAILWAY LINE
SECTION : NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA)

Део пројекта: / Part of Design:
ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА / DESIGN OF CONSTRUCTION

2/1.1.1 Пројекат моста на км 76+601.02
2/1.1.1 Bridge at km 76+601.02

Цртеж: / Drawing:
ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕЦИ
CROSS SECTIONS

Размера: / Scale: 1:100

Врста тех. док.: / Type of tech. docum.: ПГД / DCP
датум/date: 04.2021.
Цртеж бр/Drawing No.: 2020-001-ГС-2/1.1.1.7.Ц06.